



vorgelegt an der Pädagogischen Hochschule Weingarten

DISSERTATION ZUR ERLANGUNG DES AKADEMISCHEN
GRADES DES DOKTORS DER PHILOSOPHIE (DR.PHIL.)

PÄDAGOGISCHE HOCHSCHULE WEINGARTEN

**Analyse verschiedener
Einflussfaktoren auf
Schülervorstellungen zu Anpassung
und Auslese**

Ulrike Miller-Betzitza

Erstgutachter: Prof. Dr. Holger Weitzel
Zweitgutachter: Prof. Dr. Uwe Simon
APRIL 2019

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	5
2	Konstruktivistische Zugänge zu Lernprozessen	9
2.1	Konstruktivismus	9
2.2	Schülervorstellungen	12
2.3	Conceptual Change und Conceptual Reconstruction	14
2.4	Zusammenfassung	15
3	Theorie des erfahrungsbasierten Verstehens	17
3.1	Vorstellungen sind verkörpert und erfahrungsbasiert	17
3.2	Vorstellungen besitzen Struktur	18
3.3	Idealisierte kognitive Modelle	19
3.4	Zusammenfassung	20
4	Ausgewählte Aspekte zum Thema Evolution	21
4.1	Grundlegende Aussagen der Evolutionstheorien	21
4.1.1	Die Theorie zur Entstehung der Arten von Charles Darwin . . .	22
4.1.2	Die synthetische Evolutionstheorie	24
4.1.3	Zusammenfassung	30
4.2	Ausgewählte Forschungsergebnisse zu Schülervorstellungen von Anpassung und Auslese	31
4.2.1	Kategorisierung von Schülervorstellungen	31
4.2.2	Forschungsstand Schülervorstellungen zu Anpassung und Auslese	40
4.2.3	Kontexte und mögliche Effekte auf Schülervorstellungen	50
4.2.4	Idealisierte kognitive Modelle zu Anpassung und Auslese . . .	52
4.2.5	Zusammenfassung	55
5	Wissenschaftsverständnis	59
5.1	Definition	59
5.2	Ausgewählte Forschungsergebnisse	60
5.3	Zusammenfassung	61
6	Religiosität	63
6.1	Definition	63
6.2	Religionszugehörigkeit und Religiosität in Europa unter besonderer Berücksichtigung Deutschlands	66
6.2.1	Religionszugehörigkeit in Deutschland	66

Inhaltsverzeichnis

6.2.2	Religiosität	67
6.3	Akzeptanz & Verständnis von Evolution	69
6.3.1	Kreationismus & Intelligent Design	70
6.3.2	Ausgewählte Forschungsergebnisse	70
6.4	Zusammenfassung	73
7	Leseverständnis	75
7.1	Definitionen	75
7.2	Ausgewählte Forschungsergebnisse	79
7.3	Zusammenfassung	81
8	Forschungsdesign	83
8.1	Forschungsfragen und Hypothesen	84
8.1.1	Teilfragen zu Forschungsfrage II	85
8.1.2	Teilfragen zu Forschungsfrage III	91
8.2	Beschreibung der Stichprobe und der Durchführung	95
8.3	Erhebungs- und Auswertungsmethoden	96
8.3.1	Vorstellungen zu Anpassung und Auslese	96
8.3.2	Wissenschaftsverständnis	110
8.3.3	Religiosität	113
8.3.4	Leseverständnis	123
9	Auswertung und Ergebnisse	125
9.1	Vorstellungen zu Anpassung und Auslese	125
9.1.1	Ausgewählte Vorstellungen in der Stichprobe	126
9.1.2	Unterschiede in Abhängigkeit vom Aufgabenkontext	133
9.1.3	Unterschiede zwischen den Aufgaben eines Aufgabensets	143
9.1.4	Zusammenfassung	153
9.2	Religiosität	155
9.2.1	Religionszugehörigkeit	155
9.2.2	Zentralität der Religiosität	156
9.2.3	Zusammenhang Religiosität und Konfession	159
9.2.4	Zusammenfassung	161
9.3	Wissenschaftsverständnis	162
9.3.1	Ergebnisse zum Wissenschaftsverständnis	162
9.3.2	Zusammenfassung	167
9.4	Lesekompetenz	168
9.4.1	Leseverständnis	168
9.4.2	Lesegeschwindigkeit	170
9.4.3	Zusammenfassung	171
9.5	Zusammenhang der unterschiedlichen Faktoren	172
9.5.1	Vorstellungen Evolution und Religiosität	172
9.5.2	Vorstellungen Evolution und Wissenschaftsverständnis	173
9.5.3	Vorstellungen zu Evolution und Leseverständnis	173
9.5.4	Zusammenhang Religiosität und Wissenschaftsverständnis	175

9.5.5	Zusammenhang Wissenschaftsverständnis und Lesekompetenz	176
10	Diskussion	179
10.1	Schülervorstellungen zu ausgewählten evolutionären Prozessen	179
10.1.1	Aspekte fachlicher Vorstellungen	179
10.1.2	Lebensweltliche Vorstellungen einer gezielten Gegenstands- anpassung	181
10.1.3	Weitere Erklärungen	182
10.2	Einfluss verschiedener Kontextfaktoren auf Schülervorstellungen zu Anpassung und Auslese	183
10.2.1	Idealisierte kognitive Modelle als Ausgangspunkt der Untersu- chung	183
10.2.2	Aufgabenkontext: Angabe von Anfangs- und Endzustand . . .	185
10.2.3	Aufgabenkontext: Hinweis auf Variation in Populationen . . .	186
10.2.4	Aufgabenkontext: Wahl des Taxons	187
10.2.5	Aufgabenkontext: Selektionsdruck	188
10.2.6	Mögliche weitere Kontextfaktoren	189
10.3	Einfluss von Wissenschaftsverständnis, Religiosität und Lesekompe- tenz auf das Antwortverhalten	192
10.3.1	Einflussfaktor Wissenschaftsverständnis	192
10.3.2	Religiosität	193
10.3.3	Lesekompetenz	195
10.3.4	Jahrgangsstufe und Schulart	196
10.4	Chancen und Grenzen der gewählten Methodik	197
10.5	Fazit	198
	Abbildungsverzeichnis	204
	Tabellenverzeichnis	206
	Literatur	207
Anhang		217

1 Einleitung

Ohne Bezug zur Evolution ist es in der Biologie nicht möglich, eine einzige Frage nach dem „Warum“ angemessen zu beantworten (Mayr, Diamond & Vogel, 2005, 14). Damit ist die Evolutionstheorie zweifelsfrei eine der bedeutendsten Theorien der Naturwissenschaften. Sie gibt Antworten auf das „Warum“ der großen Diversität des Lebens und sie beantwortet die Frage nach der Ursache der Existenz von Merkmalen. Sie ist dazu in der Lage Beobachtungen aus den unterschiedlichen biologischen Disziplinen zusammenzuführen und das Leben an die unbelebte Welt zu binden. Die Bedeutung der Evolutionstheorien kann daher innerhalb der biologischen Disziplinen kaum überschätzt werden. Ein angemessenes Verständnis der Biologie ist daher ohne fundierte Kenntnisse der Evolution nicht möglich (Weitzel, 2006).

Mayr (2005) spricht davon, dass das gesamte Denken der heutigen Menschen vom Evolutionsgedanken „zutiefst beeinflusst“ (Mayr et al., 2005, 14) ist. Sie bietet wichtige Erkenntnisse über das Selbst- und Weltverständnis des Menschen. In einem Zeitalter stürmischer Entwicklungen in der Biologie und Gentechnik gibt sie einen neuen Blickwinkel auf diverse ethische Fragestellungen, wie beispielsweise die Stellung des Menschen innerhalb der Lebewesen. Damit hat sie nicht nur wissenschaftliche, sondern auch breite weltanschauliche Bedeutung. (Junker, T., Hoßfeld, U., 2001, 7). Die Konzepte und Erkenntnisse haben jedoch auch viele Berührungspunkte mit dem Alltag, beispielsweise bei unserem Umgang mit Infektionen (Nationale Akademie der Wissenschaften Leopoldina, 2017).

Aus den eben genannten Gründen fordert die Deutsche Akademie der Naturforscher Leopoldina (2017), dass die Konzepte der Evolutionstheorie in den Curricula der Schulen früher und umfassender berücksichtigt werden sollten als bisher. Das ist auch deshalb von Belang, da zahlreiche internationale Studien zeigen, dass Schüler sowohl vor als auch nach dem Unterricht kein ausreichend fachliches Verständnis von Evolution besitzen (Deadman, J. & Kelly, P., 1978; Brumby, 1979; Kampourakis & Zogza, 2008). Neuere Studien lassen jedoch erkennen, dass ein Teil dieser Ergeb-

1 Einleitung

nisse auch auf die Erhebungsinstrumente selbst zurückgeführt werden kann die die Vorstellungen der Schüler nur unzureichend abzubilden scheinen. Schüler scheinen Erklärungen zu evolutionären Aufgaben situativ zu wählen, womit der Auswahl der Aufgaben eine zentrale Rolle zukommt (Nehm & Ha, 2011; Kampourakis & Zogza, 2008). Das führt zu der Vermutung, dass das Ausmaß an fachlich nicht angemessenen, lebensweltlichen Vorstellungen möglicherweise überschätzt sein könnte.

Diese Arbeit soll einen Beitrag dazu leisten, herauszufinden, wie Aufgaben Einfluss nehmen können auf die Erklärungen von Schülern ohne unterrichtsbasierte Kenntnisse von Evolution. Besonderer Augenmerk gilt dabei dem Aufgabenkontext. Dabei erfolgt eine Fokussierung auf den Aspekt der stammesgeschichtlichen Anpassung, der darin begründet ist, dass Lerner die Anpassung von Lebewesen an ihre Umwelt als dominante Erklärung für evolutionäre Veränderungen verwenden (Weitzel, 2006).

Erkenntnisse aus der Erkenntnistheorie (Kapitel 2.1.) und der fachdidaktischen Lehr-Lernforschung (Kapitel 2.2. und Kapitel 2.3.) zeigen, dass die Wahl der Frage und die Kontextualisierung der Aufgabe relevant für die Auswahl verfügbaren Vorstellungen und der Konstruktion neuer Vorstellungen sind. Zur Interpretation der erhobenen Vorstellungen benötigt es einen theoretischen Bezug, den für diese Arbeit die Theorie des erfahrungsbasierten Verstehens von Lakoff (1987) darstellt (Kapitel 3). Es wurden idealisierte kognitive Modelle (ICMs) (Kapitel 3.2.) für die lebensweltlichen Begriffe *Auslese* und *Anpassung* abgeleitet und zur Identifikation von Aufgabenkontexten verwendet. Auf dieser Grundlage werden Kriterien abgeleitet, die eine gezielte und theoriegeleitete Variation der Aufgabenkontexte ermöglichen sollen, mit denen Schülererklärungen zur Anpassung und Auslese erhoben werden (Kapitel 4.2.4.). Die von den Schülern gegebenen Erklärungen werden anschließend verglichen und kategorisiert. Zur fachlichen Einordnung werden auf der Grundlage einer historischen (Kapitel 4.1.1.) und einer aktuellen Evolutionstheorie (Kapitel 4.1.2.) Schlüsselkonzepte identifiziert. Kategorien zur Identifikation der Schülervorstellungen werden anhand einer Reanalyse ausgewählter Untersuchungen zu Lernervorstellungen von Evolution (Kapitel 4.2.) gewonnen.

Da eine Vielzahl weiterer Studien (Kim, S.Y. & Nehm, R.H., 2011; Miller, J.D., Scott, E.C., Okamoto, S., 2006; Kim, S.Y. & Nehm, R.H., 2011; Lammert, 2012) zeigt, dass sowohl Religiosität (Kapitel 6) und Wissenschaftsverständnis (Kapitel 5) die Akzeptanz und das Verständnis von Evolution beeinflussen können, werden diese Faktoren zusätzlich erhoben. Dies gilt auch für das Leseverständnis, das bei der Beantwortung textbasierter Aufgaben bedeutsam ist (Kapitel 7).

Die Vorstellungen der Schüler zu Anpassung und Auslese wurden mithilfe eines Paper-Pencil-Tests mit offenen Aufgaben erhoben. Die damit gesammelten Aussagen wurden mithilfe eines Kodierleitfadens kodiert und somit quantifiziert (Kapitel 8.3.1.). Der Kodierleitfaden wurde deduktiv erstellt und in ersten Kodierdurchgängen am Material ergänzt und optimiert. Für die Erhebung des Wissenschaftsverständnisses (Kapitel 8.3.2.), der Religiosität (Kapitel 8.3.3.) und des Leseverständnisses (Kapitel 8.3.4) wurden vorhandene Erhebungsinstrumente für die Verwendung in dieser Studie angepasst.

Die statistische Auswertung und Analyse (Kapitel 9) erfolgt zunächst orientiert an den Teilfragen. Anschließend werden Zusammenhänge zwischen dem Evolutionsverständnis, dem Wissenschaftsverständnis, der Religiosität und dem Leseverständnis analysiert und erläutert (Kapitel 9.5.). Die Ergebnisse dieser Studie werden auf Basis des Forschungsstandes diskutiert (Kapitel 10) und ein abschließendes Fazit gezogen.

2 Konstruktivistische Zugänge zu Lernprozessen

Um ein Erhebungsinstrument für Schülervorstellungen zu entwickeln, sinnvoll einzusetzen und die Ergebnisse reflektiert interpretieren zu können, muss zunächst geklärt werden, wie Vorstellungen entstehen und was die Entwicklung und Veränderung von Vorstellungen beeinflusst. Folgende theoretische Zugänge finden in dieser Arbeit Verwendung: Nach dem Konstruktivismus (1) sind Vorstellungen und Wissen Produkte der individuellen Entwicklungsbiografie (Kapitel 2.1.). Der Conceptual-Change-Ansatz (2) ist die lerntheoretische Wendung und Konsequenz aus dem Konstruktivismus und übersetzt diesen in Vermittlungshandlungen (Kapitel 2.3.). Dieser Ansatz erklärt, wie sich Vorstellungen durch Lernprozesse ändern können. Die Kognitionslinguistik (3) dient zur Interpretation von Alltagskonzepten (Kapitel 2.4.), wie sie in dieser Arbeit erhoben werden.

2.1 Konstruktivismus

Unabhängig von der jeweiligen Strömung kann der Konstruktivismus als erkenntnistheoretische Richtung beschrieben werden, deren Ziel es ist zu klären, wie menschliches Wissen entsteht und welchen Bezug dieses zur Realität aufweist (Weitzel, 2006, 9). Der Konstruktivismus selbst stellt aber keine Lerntheorie dar, sondern muss als erkenntnistheoretisches Paradigma verstanden werden, das unter anderem auf Erkenntnissen aus der Neurobiologie basiert. Dies wird vor allem im radikalen Konstruktivismus nach Maturana und Varela (1984) postuliert (Maturana, Varela & F., 1984). Neurobiologisch betrachtet reagiert das individuelle Gehirn auf Sinneseindrücke durch Auf- und Abbau, Verstärkung und Abschwächung von Verbindungen zwischen Neuronen. Das Gehirn wird durch eine Vielzahl von Neuronen gestaltet, die eine Art räumliches Netz bilden. Diese Neuronen stehen über Synapsen zueinander in Verbindung. Wenn Nervenzellen häufig zeitgleich aktiv sind, werden sie mitein-

2 Konstruktivistische Zugänge zu Lernprozessen

ander verknüpft. Die auf diese Weise entstandenen Verbindungen können nun beim Auftreten von Sinneseindrücken präferiert aktiviert werden. Ebenso werden vorhandene Verbindungen durch Funktionslosigkeit und Absterben abgebaut. Daraus lässt sich ableiten, dass abhängig von der Häufigkeit gleichartiger Inputs über einen längeren Zeitraum stabile Verbindungen zwischen Nervenzellen entstehen können. Diese strukturellen Veränderungen benötigen jedoch eine gewisse Zeit. (Singer, 2003)

Lernen ist der Aufbau von stabilen Verknüpfungen, die folglich das Produkt der Verarbeitung individueller Sinneseindrücke sind. Die Übersetzung gleichartiger elektrischer Impulse (Aktionspotentiale) im Gehirn in mentale Eindrücke erfolgt über den Abgleich und die Kombination. Eine Bedeutung für das Individuum und damit die individuelle Realität entsteht jedoch erst durch Konstruktion dieser Realität durch das Gehirn. (Riemeier, 2007, 72-73) Roth (2001) beschreibt diesen „neurobiologischen Konstruktivismus“ daher wie folgt:

"Das Gehirn kann zwar über seine Sinnesorgane durch die Umwelt erregt werden, diese Erregungen enthalten jedoch keine bedeutungshaften und verlässlichen Informationen über die Umwelt. Vielmehr muß das Gehirn über den Vergleich und die Kombination von sensorischen Elementarereignissen Bedeutungen erzeugen und diese Bedeutungen anhand interner Kriterien und des Vorwissens überprüfen. Dies sind die Bausteine der Wirklichkeit. Die Wirklichkeit, in der ich lebe, ist ein Konstrukt des Gehirns." (Roth, 2001, 21)

Zur Aufnahme von Signalen aus der Umwelt werden die Sinnesorgane benötigt. Umweltreize lösen Erregungen in den Sinneszellen aus und diese erreichen über afferente Neuronen das Gehirn. Die Erregungen selbst sind daher bedeutungsfrei und inhaltsneutral. (Riemeier, 2007, 72-73) Nach Roth (2001) wird dadurch die Komplexität der Umwelt „vernichtet“ und muss anschließend vom Gehirn wieder rekonstruiert werden. Die Erregungen werden dabei verglichen und neu kombiniert, wodurch eine Bedeutung entsteht. Diese Bedeutungen werden nachfolgend anhand interner Kriterien überprüft, bei denen die Genetik und das Vorwissen und damit auch schon bereits bestehende Konstrukte eine Rolle spielen. Dies zeigt, dass Lernen sowohl an die neuronalen Strukturen des Gehirns, als auch an die individuellen Erfahrungen des Individuums gebunden ist. (Riemeier, 2007, 72)

Die genetische Grundausstattung ist bei allen Menschen nahezu identisch. Kognitive Fähigkeiten sind also unter anderem das Produkt der Gene. Dies sieht man

2.1 Konstruktivismus

beispielsweise in den nur geringfügig interindividuell unterschiedlichen neuronalen Verschaltungsstrukturen des Gehirns. Daraus lässt sich ableiten, dass individuelle Gehirne zu ähnlichen Denkergebnissen kommen können, da sie derselben Art angehören und die genetische Grundausstattung einer Art in hohem Maße identisch ist. Sofern von einem ähnlichen Ort und dem gleichen Kulturkreis ausgegangen werden kann, also in einem hohen Maße überschneidende Erfahrungen geteilt werden, ist auch dies ein wichtiger Einfluss auf ähnliche Denkergebnisse und Vorstellungen. Andererseits können sich Vorstellungen unterscheiden, da die individuellen Erfahrungen einen wesentlichen Anteil an der Ausgestaltung der neuronalen Verschaltungsstruktur tragen. Diese unterscheidet sich bei verschiedenen Personen mit einer ausgesprochen hohen Wahrscheinlichkeit. (Weitzel, 2006, 7-8) Damit ist jedes humane Gehirn letztendlich ein Unikat bezogen auf seine Leistungsfähigkeit. Aus diesem Grund benötigen individuelle Gehirne immer eine individuelle Förderung (Baisch & Weitzel, 2012). Dies bedeutet jedoch auch, dass es notwendig ist, eine Möglichkeit zu finden, diese individuellen Vorstellungen adäquat zu erheben, um darauf aufbauend eine individuelle Förderung zu ermöglichen.

In Bildungskontexten wird von der radikalen Sichtweise des Konstruktivismus abgesehen, da nach diesem Lernprozesse nur autonom ablaufen können, also nicht planbar sind. Lernen ist demnach nur möglich, wenn eigenaktiv konstruiert wird. Dies stellt sowohl das Festhalten objektiver Lernziele, als auch die Praktikabilität von Lernprozessen und Unterricht in Frage. Der in Bildungskontexten verwendete gemäßigte Konstruktivismus übernimmt vom radikalen Konstruktivismus, dass der Wissenserwerb als ein eigenaktiver Aufbau kognitiver Strukturen erfolgen muss, didaktische Prozesse werden dabei jedoch nicht ausgeblendet. Lernen findet demnach im Austausch mit der Umwelt statt. Durch Kommunikation ist ein Austausch von Wissen möglich, daher kann der Lehrende Anleitung und Hilfe beim Wissenserwerb geben, auch wenn die eigentliche Konstruktion von Wissen weiterhin beim Lernenden liegt. (Drexler, D., 2014, 23)

Für die vorliegende Arbeit wird eine moderat konstruktivistische Perspektive auf Lern- und Verstehensprozesse eingenommen, wie sie für die Biologiedidaktik von Riemeier (2007) beschrieben wird. Lernen ist demnach kein passives Geschehen und eine Verabreichung von Wissen daher nicht möglich. Lernende müssen ihr Wissen aktiv und idealerweise sozial konstruieren. Damit hat Wissen nicht eine Bedeutung an sich, sondern der Lernende konstruiert eine Bedeutung und eine Interpretation

2 Konstruktivistische Zugänge zu Lernprozessen

der Wirklichkeit. Das Gehirn wird zwar über die Sinnesorgane durch die Umwelt erregt, diese Erregung enthält selbst aber keine bedeutungshaften und verlässlichen Informationen über die Umwelt. Das Gehirn bestimmt also nicht was „wirklich“ ist, sondern konstruiert eine Version, die sich im Alltag mehr oder weniger bewährt hat und damit viabel ist und auf Vorwissen und internen Bedeutungen basiert (Riemeier, 2007, 71-72). Wenn Lernen situiert ist, ist zu erwarten, dass die daraus resultierenden Vorstellungen kontextabhängig sind. Dies spielt nicht nur bei der Entstehung von Vorstellungen eine Rolle, sondern auch bei ihrer Anwendung und muss demnach bei der Erhebung berücksichtigt werden.

2.2 Schülervorstellungen

Unter „Vorstellungen“ werden in dieser Arbeit *subjektive gedankliche Prozesse* verstanden, die weder aufgenommen noch weitergegeben werden können, sondern immer von der Person selbst konstruiert werden müssen (Gropengiesser, 2006, 13). Der Begriff Schülervorstellungen und auch die synonym verwendeten Begriffe Alltagsvorstellungen, Lernervorstellungen oder lebensweltliche Vorstellungen bezeichnen allgemein die Vorstellungen von Lernenden zu Phänomenen und Begriffen, die sie mit in eine Lernsituation bringen (Hammann & Asshoff, 2015, 15). In den naturwissenschaftlichen Fachdidaktiken werden unter Schülervorstellungen kognitive Repräsentationen von Sachverhalten verstanden, die subjektiv als wahr angesehen werden (Duit, 1995).

Abhängig von ihrer Komplexität schlägt Gropengießer (2001) eine Kategorisierung von Vorstellungen vor:

- *Begriffe* sind die einfachsten Vorstellungen. Sprachlich werden sie über Wörter oder Ausdrücke realisiert.
- *Konzepte* bezeichnen Vorstellungen, in denen mehrere Begriffe miteinander verknüpft sind. Sie finden ihren sprachlichen Ausdruck in Formen von Sätzen (wie beispielsweise Aussagen, Behauptungen und Fragen).
- *Denkfiguren* sind komplexere Vorstellungen. Hier wirken stets mehrere Konzepte zusammen und bilden eine grundlegende Vorstellung zu einem Sachverhalt. Sprachlich können Denkfiguren in Form von Grundsätzen ausgedrückt werden.

2.2 Schülervorstellungen

- *Theorien* bilden die höchste Komplexitätsstufe. Verschiedene Begriffe, Konzepte und Denkfiguren müssen dazu zu einer übergeordneten Vorstellung zusammengefügt werden. Sprachlich können sie als ausführliche Darlegungen oder Aussagengefüge formuliert werden. Nach Gropengießer (2001) können "*persönliche Theorien*" auf individueller Ebene von Theorien für "*komplexe Vorstellungsstrukturen in wissenschaftlichen Zusammenhängen*" (Gropengiesser, 2001, 31) differenziert werden.

Vorstellungen können verschiedenen Sinngebieten entstammen, beispielsweise den lebensweltlichen, religiösen, künstlerischen oder naturwissenschaftlichen Sinngebieten (Weitzel, 2006, 21-22). Auch die Erfahrungen mit Sprache, wie auch die Erfahrungen mit dem eigenen Körper und der Welt um uns herum sind Quellen für Schülervorstellungen (Weitzel, 2006, 88). Sie sind keinesfalls beliebig, sondern konsistent und viabel. Diese Vorstellungen erweisen sich in vielen alltäglichen Situationen als hilfreich und nützlich, weswegen es angemessener ist, diese Vorstellungen wertneutral als Lernervorstellungen zu bezeichnen und von dem Begriff „Fehlvorstellungen“ abzuweichen, der vor allem im älteren angloamerikanischen Diskurs verbreitet war (Krüger, 2007, 82). In dieser Arbeit werden diese Vorstellungen als Schülervorstellungen bezeichnet.

Durch Unterricht können fachliche Vorstellungen erlernt werden. Dabei werden jedoch die lebensweltlichen Vorstellungen nicht einfach „überschrieben“, sondern es kommt zu einer steigenden Anzahl von Vorstellungen aus verschiedenen Sinngebieten, die nebeneinander existieren und situativ angewandt werden (Kattmann, 2007). Ebenso werden die vorhandenen Vorstellungen beispielsweise durch Unterricht weiter ausdifferenziert (Hammann & Asshoff, 2015, 15). Beim Lernen werden also entweder bereits verfügbare Vorstellungen ergänzt oder ausdifferenziert oder neue Vorstellungen generiert. Schülervorstellungen können jedoch das Erlernen von fachlich angemessenen Vorstellungen behindern oder auch verhindern, da sie sehr stabil und deshalb nur schwer zu verändern sind. Sie bilden den Ausgangspunkt für die Interpretation weiterer Lerninhalte und beeinflussen Problemlösestrategien der Lernenden massiv (Duit, 1995). Anknüpfend an konstruktivistische Lerntheorien (vgl. Kapitel 2.1.) werden Schülervorstellungen jedoch nicht allein als Lernhindernisse, sondern vielmehr als Anknüpfungspunkte und potentielle Lernhilfen im Unterricht verstanden. Daher ist die Kenntnis potentieller und individueller Schülervorstellungen für die Erstellung von Lernangeboten unerlässlich (Hammann & Asshoff, 2015, 15).

2 Konstruktivistische Zugänge zu Lernprozessen

Im Sinne der Didaktischen Konstruktion werden wissenschaftliche Positionen als Vorstellungen von Wissenschaftlern interpretiert. Bei diesen handelt es sich um persönliche Konstrukte, deren wichtige Fakten, Termini und wesentlichen Vorstellungen von einer Wissenschaftlergemeinschaft zeitweise mehr oder weniger kritisch geteilt werden. Die Besonderheit gegenüber individueller Vorstellungen liegt jedoch darin, dass diese Vorstellungen Konstrukte sind, die in einem längeren, formalisierten Prozess entwickelt, kritisiert, modifiziert und publiziert wurden. (Gropengiesser, 2001, 15) Die für diese Arbeit relevanten Vorstellungen zu Evolution werden in Kapitel 4.2. vorgestellt und ihre Bedeutung im Hinblick auf diese Arbeit erläutert.

2.3 Conceptual Change und Conceptual Reconstruction

Aufbauend auf konstruktivistische Vorstellungen von Lernen stellen Lernprozesse Veränderungen von Schülervorstellungen dar. Ansätze die die Lernprozesse auf der Basis von Schülervorstellungen erklären sollen, werden unter dem Terminus *Conceptual Change* zusammengefasst. Großen Einfluss auf die empirische Forschung hatte die Conceptual Change-Theorie von Posner et al. (1982). Diese Theorie zeigt auf, unter welchen Bedingungen davon auszugehen ist, dass ein Wechsel von Schülervorstellungen hin zu wissenschaftlichen Vorstellungen vollzogen wird. Posner et al. (1982) beziehen sich dabei einerseits auf Piagats Ideen zur geistigen Entwicklung des Kindes (Assimilation und Akkomodation), andererseits im Begriff *change* auf Kuhns (1976) Paradigmenwechsel. Dieser macht deutlich, dass unter dieser Perspektive beim Lernen alte, „falsche“ Vorstellungen aufgegeben werden und durch neue Vorstellungen ersetzt werden. Es kommt also zu einem Konzeptwechsel (Krüger, 2007).

Moderat konstruktives Ansätze (vgl. Kapitel 2.1.) nehmen von diesem radikalen Verständnis eines Vorstellungswechsels Abstand, da gezeigt werden konnte, dass alte Vorstellungen auch nach dem Unterricht noch nachzuweisen sind. Dies erklärt sich dadurch, dass sie sich in vielen alltäglichen Situationen noch als hilfreich und nützlich erweisen und dass sie Produkte körperlicher und kultureller Erfahrung sind (vgl. Kapitel 3.1.). (Krüger, 2007, 82)

Vorstellungsveränderungen nach dem *Conceptual Change*-Ansatz lassen sich unterschiedlich erklären und erhalten daher auch unterschiedliche Termini:

- *Conceptual Development (Entwicklung) und Conceptual growth (Wachstum)*: Hier wird eine schrittweise Veränderung der Vorstellungen impliziert, jedoch auch ein Verschwinden der alten Vorstellungen.
- *Conceptual Reorganisation (Reorganisation)*: In dieser Bezeichnung findet sich die Situiertheit und die Verknüpfung aus neurobiologischer Perspektive wieder (vgl. Kapitel 2.1.).
- *Conceptual Reconstruction (Rekonstruktion)*: Dieser Begriff betont den Bezug auf den moderaten Konstruktivismus und rückt den Tätigkeitsaspekt des Lernenden in den Vordergrund (Krüger, 2007). Lernen wird also nicht als Ersetzen alter Vorstellungen durch neue verstanden, sondern als Modifizierung, Bereicherung und Differenzierung der existierenden Vorstellungen. Damit sind vorunterrichtliche Vorstellungen in erster Linie keine Lernhindernisse mehr, sondern Lernvoraussetzungen und potentielle Lernhilfen (Reinfried, Mathis & Kattmann, 2009, 405).

2.4 Zusammenfassung

Wie in den vorhergehenden Kapiteln gezeigt wurde, entstehen Vorstellungen individuell in der Auseinandersetzung mit der Umwelt (Moderater Konstruktivismus). Sie lassen sich meist nicht mithilfe von Unterricht durch wissenschaftliche Vorstellungen restlos ersetzen. Dies lässt sich dadurch erklären, dass diese Vorstellungen in vielen (alltäglichen) Situationen nützlich sind und dass sie kontextabhängig entstehen und angewandt werden. Daher verfügen Lerner häufig über mehr als nur eine Vorstellung zu einem Lerngegenstand, die kontextabhängig abgerufen werden können. Diese Kontextabhängigkeit muss daher bei der Erhebung von Schülervorstellungen besonders berücksichtigt werden.

Aus diesem Grund wird für diese Arbeit *conceptual change* im Sinne von *conceptual reconstruction* verstanden. Dies betont die aktive Rolle des Lernenden stärker und beinhaltet nicht das Ersetzen von Schülervorstellungen durch wissenschaftliche Vorstellungen, sondern die Modifizierung, Bereicherung und Differenzierung der Vorstellungen eines aktiven Lerners. Auch die Situiertheit von Lernen findet sich im *conceptual reconstruction* wieder und damit die kontextsensitive Entscheidung, welche der vorhandenen Vorstellungen in welcher konkreten Situation abgerufen und angewandt werden.

3 Theorie des erfahrungsbasierten Verstehens

Die Theorie des erfahrungsbasierten Verstehens geht davon aus, dass Kognition 1. an den Körper gebunden ist und durch dessen Eigenschaften und Fähigkeiten ermöglicht, aber auch beschränkt wird, 2. Kognition imaginativ ist und 3. Kategorienbildung auf idealisierten kognitiven Modellen basiert. Dies soll in den folgenden Teilkapiteln näher erläutert werden.

3.1 Vorstellungen sind verkörpert und erfahrungsbasiert

Nach Lakoff und Johnson (2000) ist jegliche Vorstellungsbildung an die Möglichkeiten des Körpers und seinen Wahrnehmungsapparat gebunden. Dadurch wird die Entstehung und Entwicklung von Vorstellungen ermöglicht, begrenzt und strukturiert. Dies zeigt sich beispielsweise in der Bestimmung von Relationen zwischen Objekten (Raum-Lage-Beziehung, Teil-Ganzes-Beziehung), die auf Bewegungsmöglichkeiten und damit auch auf Grenzen des menschlichen Körpers zurückzuführen sind.

Wie Bedeutung aus körperlichen Erfahrungen entsteht, soll am Beispiel des Behälter-Schemas aufgezeigt werden. Grundlegende körperliche Erfahrungen wie beispielsweise das Ein- und Ausatmen machen wir alltäglich. Beim Einatmen gelangt Luft *in* den Körper, beim Ausatmen geben wir Luft *aus* dem Körper ab. Sprachlich differenzieren wir dabei zwischen *innen* und *außen*. Der Körper wird dabei als Gefäß verstanden, das gegenüber der Umwelt abgegrenzt ist. Verschiedene Dinge können nun in diesen begrenzten Raum eindringen, wie im Beispiel die Luft. Es werden jedoch auch wieder Dinge an den Raum außerhalb abgegeben. Dadurch erhält das Behälter-Schema eine interne Struktur. Das Konzept von Innen und Außen basiert auf kinästhetischen Erfahrungen und wird durch die präkonzeptuelle Strukturierung der Erfahrung selbst strukturiert (Lakoff, 1987, 267f).

3 Theorie des Erfahrungsbasierten Verstehens

Nach Lakoff und Johnson (1999) ist die Bildung von Vorstellungen unmittelbar mit den physischen Voraussetzungen verknüpft und wird als *embodied* (verkörpert) bezeichnet. Diese verkörpertten Vorstellungen sind direkt zugänglich und verständlich.

Die Entstehung von abstrakten Vorstellungen benötigen nach Lakoff und Johnson (2000) jedoch einen Rückgriff auf unmittelbare physische Erfahrungen. In diesen Fällen ist eine direkte Erfahrung nur schwer oder überhaupt nicht zugänglich. Basale Erfahrungen werden verwendet, um solche abstrakte Sachverhalte zu konzeptualisieren. Es erfolgt also eine Abbildung eines direkt aus der Erfahrung zugänglichen Bereichs auf einen anderen, nicht direkt zugänglichen zweiten Bereich. Dadurch wird dieser zweite, abstrakte Bereich teilweise im Sinne des ersten Bereichs verstanden und konzeptualisiert. Im Sinne des räumlichen Kontexts wird das Behälter-Schema direkt verstanden, in anderen Bereichen (beispielsweise dem kognitiven Kontext) wird es imaginativ verstanden und damit auf völlig andere Bereiche übertragen. Wir leben *in* einer Ehe oder haben *außereheliche* Beziehungen. Wir sind *in* Gedanken oder es spielen sich Dinge *außerhalb* unseres Gesichtsfeldes ab (Gropengiesser, 2006, 39). Dieses Behälter Schema findet also in ganz unterschiedlichen Kontexten Verwendung. Es wird beispielsweise in räumlichen (z.B. Zimmer, Kleidung), in sozialen (z.B. Ehe, Verein) wie auch in kognitiven (z.B. Gedanken) Kontexten angewendet (Gropengiesser, 2006, 39).

3.2 Vorstellungen besitzen Struktur

Lakoff und Johnson (1987) unterscheiden zwei Klassen von Strukturen: (1) Bildschematische Strukturen und (2) Strukturen der Basisebene.

Das Behälterschema entspricht einer bildschematischen Struktur (1). Bildschematische Strukturen sind aus wenigen prototypischen Elementen aufgebaut. Im Falle des Behälterschemas sind das *Innen*, *Außen* und die *Begrenzung* dazwischen. Schemata, wie das Behälterschema, sind demnach Strukturen einer Aktivität, mit deren Hilfe wir Ordnung konstruieren und die ständig unsere Wahrnehmung leiten. Für diese Arbeit spielt das Start-Weg-Ziel-Schema eine wichtige Rolle (vgl. Kapitel 4.2.4.). Es dient zur Strukturierung von Prozessen. Danach gehorcht jeder Prozess einer einfachen Logik: Der Weg beginnt ausgehend von einem Startpunkt (A) und führt zu einem Ziel (B). Abhängig von Start und Ziel nimmt der Weg eine bestimmte Richtung. Also wird dieses Schema durch die Elemente *Start*, *Ziel*, *Weg* und *Richtung* struktu-

riert. In der Literatur sind eine Reihe weiterer solcher Schemata beschrieben worden. (Gropengiesser, 2006, 38ff)

Lakoff und Johnson (1987) benennen neben den Bildschemata mit den Konzepten der Basisebene (basic level) ein zweites strukturierendes Element. Auf der Basisebene ist die Unterscheidung am einfachsten. Es ist für uns beispielsweise simpel, Hunde von Katzen oder Äpfel von Kürbissen zu unterscheiden. Diese als *Strukturen der Basisebene (basic-level)* (2) bezeichneten fundamentalen Strukturen sind direkt sinnvoll. Auf dieser Basisebene können wir effektiv und erfolgreich unterscheiden, weil bei diesen Interaktions-Erfahrungen mit der Umwelt unterschiedliche Erfahrungen zusammenspielen: (1) Unsere Gestaltwahrnehmung, (2) unsere Möglichkeit zur körperlichen Bewegung und (3) unsere Fähigkeit, mentale Bilder zu entwerfen (Lakoff, 1987, 267f). Deutlich schwieriger als eine Giraffe von einem Elefanten, ist es jedoch, eine Massai-Giraffe von einer Netz-Giraffe zu unterscheiden. Unterbegriffe (beispielsweise die Massai-Giraffe) und Oberbegriffe (beispielsweise Säugetiere) sind also deutlich komplizierter. Diese mittlere Ebene (Giraffe), die die Begriffe der Basisebene darstellen, ist daher die einfachste. Diese korrespondieren zu den präkonzeptuellen Strukturen unserer Erfahrungen und sind damit durchaus komplex und verfügen über eine eigene, interne Struktur. Basis-Begriffe sind einfach für das Begreifen und Unterscheiden und sind im Vergleich zu den bildschematischen Strukturen reicher strukturiert. (Gropengiesser, 2006, 39ff)

3.3 Idealisierte kognitive Modelle

Nach George Lakoff (1987) sind Vorstellungen und Wissen in idealisierten kognitiven Modellen (ICMs) organisiert. Darunter werden grundlegende gestalthafte Einheiten verstanden, aus denen sich das Verständnis sprachlicher Bedeutung aufbaut. Diese idealisierten kognitiven Modelle setzen sich aus Propositionen und Lexemmengen unterschiedlicher Komplexität zusammen und sind über Bildschemata miteinander verknüpft (Lakoff, 1987, 284). Dies soll an folgendem Beispiel erläutert werden. Das Wort *Dienstag* kann nur im Bezug auf ein idealisiertes Modell der Woche verstanden werden. Dieses basiert unter anderem auf dem täglichen Gang der Sonne, dem Beginn und dem Ende eines Tages und dem sieben Tagen währenden Zyklus. In diesem ICM ist die Woche ein Ganzes bestehend aus sieben Teilen. Diese sieben Teile sind in

3 Theorie des Erfahrungsbasierten Verstehens

linearer Reihenfolge organisiert. Jedes dieser Teile wird Tag genannt und der Dienstag ist ein bestimmter Tag in dieser Reihenfolge. Außerdem existiert zusätzlich noch eine Aufteilung in Werktage und Wochenende. Als idealisiert wird das Modell bezeichnet, weil die Sieben-Tage-Woche nicht objektiv in der Natur existiert. Es zeigt sich an diesem Beispiel auch die Kulturabhängigkeit des ICMs, da andere Kulturen diesem kalendarischen System nicht folgen und es damit nur kulturabhängig verstanden werden kann (Lakoff, 1987, 70f).

Die bildlichen Schemata bilden die Strukturen des ICMs und stellen gemeinsam mit den Begriffen der Basisebene Teile komplexer ICMs dar (Lakoff, 1987, 382f). Ein ICM besteht aus Lexemen, aus Propositionen und Bildschemata. Die Bildschemata strukturieren das ICM. Begriffe der Basisebene sind Lexeme oder Propositionen, die direkt verstanden werden, weil sie verkörpert sind. Alle anderen Lexeme und Propositionen werden metaphorisch verstanden, weil sie aus verkörperten Strukturen abgeleitet werden müssen (Weitzel, 2006, 19).

Im Beispiel „Woche“ finden wir das Start-Weg-Ziel-Schema (Verlauf der Woche) und das Teile-Ganzes-Schema (Dienstag als Teil der Woche). Ein Lexem ist in diesem Zusammenhang beispielsweise der *Tag*. In das idealisierte kognitive Modell der Woche sind jedoch weitere ICMs eingepasst, wie eben der *Dienstag*. Das ICM Dienstag lässt sich wieder in kleinere Einheiten, zum Beispiel die Stunden unterteilen.

3.4 Zusammenfassung

Nach Lakoff und Johnson (1998) ist das Konzeptsystem des Menschen weitgehend metaphorisch angelegt. Daher kann die Untersuchung sprachlicher Ausdrücke das Verständnis für ein gedanklich-metaphorisches Konzept liefern. Da die Vorstellungsbildung von menschlichen physischen Voraussetzungen abhängig ist, wird sie als *verkörpert* bezeichnet (*Vorstellungen sind verkörpert*). Verkörperte Vorstellungen sind direkt zugänglich und verständlich. Abstrakte Vorstellungen benötigen jedoch einen Rückgriff auf physische und kulturelle Erfahrungen (*Vorstellungen sind imaginativ*). Diese imaginativen Vorstellungen entstehen durch Projektion eines Ursprungsbereichs auf einen Zielbereich. Verkörperte Vorstellungen besitzen zwei Klassen von Strukturen: (1) bildschematische Strukturen und (2) Strukturen der Basisebene. Diese sind in Form idealisierter kognitiver Modelle (ICM) organisiert, welche wiederum aus bildschematischen Strukturen und Begriffen der Basisebene aufgebaut sind.

4 Ausgewählte Aspekte zum Thema Evolution

4.1 Grundlegende Aussagen der Evolutionstheorien

In den folgenden Kapiteln werden die für diese Studie relevanten fachwissenschaftlichen Grundlagen der Natürlichen Selektion und der daraus folgenden Anpassung beschrieben. Auf der Grundlage ausgewählter historischer und aktueller biologischer Erklärungen zur Evolution des Lebens werden die für die Kodierung der Schülerantworten notwendigen fachlichen Elemente herausgearbeitet. Die historische Theorie Darwins bietet aufgrund ihrer größeren Nähe zu den Schülererklärungen Anknüpfungspunkte für deren Verständnis. Darwins Evolutionstheorie wurde zudem einbezogen, weil die Bildungspläne des Landes Baden-Württemberg (2016) fordern, dass die Schüler jene erläutern (Ministerium für Kultus, Jugend und Sport Baden-Württemberg, 2016c, 30). Sie sollen darüber hinaus Evolutionsfaktoren (Mutation, Rekombination, Selektion, Isolation), die Elemente der Synthetischen Evolutionstheorie sind, zur Erklärung nutzen können (Ministerium für Kultus, Jugend und Sport Baden-Württemberg, 2016c, 30). Im Bildungsplan (2016) für die gymnasiale Oberstufe wird die Synthetische Evolutionstheorie explizit genannt und es wird gefordert, dass die Schüler den Einfluss verschiedener Evolutionsfaktoren auf den Genpool und die Artbildung und die Entstehung von Angepasstheiten beschreiben können (Ministerium für Kultus, Jugend und Sport Baden-Württemberg, 2016a, 29). Damit beschreitet auch der aktuelle Bildungsplan (2016) in Baden-Württemberg diesen Weg von der Theorie Darwins hin zur Synthetischen Evolutionstheorie (Ministerium für Kultus, Jugend und Sport Baden-Württemberg, 2016b).

Zunächst werden jene Aspekte aus Darwins Theorie zur Entstehung der Arten vorgestellt, die notwendig sind, um Natürliche Selektion und Anpassung im Hinblick auf diese Studie zu verstehen (Kapitel 4.1.1.). Anschließend werden die für diese Arbeit relevanten Aspekte der Synthetischen Evolutionstheorie erläutert (Kapitel 4.1.2.).

4.1.1 Die Theorie zur Entstehung der Arten von Charles Darwin

In *Die Entstehung der Arten durch natürliche Zuchtwahl* (engl. Kurztitel: „*On the Origin of Species*“) stellt Darwin seine Theorie einer gemeinsamen Abstammung aller Lebewesen dar. Diese Theorie basierte zunächst auf Beobachtungen, die er 1831 auf seiner Expedition mit der Beagle gemacht und zurück in England weiter verfolgt hat. Der entscheidende Durchbruch lässt sich wohl auch zum Teil auf die Lektüre von Thomas Malthus' (1766-1836) *Essay on the principle of population* (1826) zurückführen. Darwin begann, Malthus' Gesellschaftstheorie auf die Natur zu übertragen. Er leitete daraus den Kampf ums Dasein („*struggle for existence*“) und damit sein Selektionsprinzip ab. Zusätzlich ergänzte er diese Theorie um einen sehr wichtigen Faktor: der Einzigartigkeit jedes Lebewesens (Jahn, 2000, 356-361).

4.1.1.1 Voraussetzung für die Natürliche Zuchtwahl: Variation

Individuen derselben Art zeigen viele, kleine Unterschiede (**phänotypische Variation**) (Darwin, 1859, 80). Das Ausmaß an Variation von Merkmalen innerhalb einer Art ist nach Darwin (1859) proportional zur Unterschiedlichkeit der gegebenen Lebensbedingungen und abhängig von der Anzahl der Individuen derselben Art, die dieselbe begrenzte Örtlichkeit bewohnen. Demnach sind stochastisch bedingt in einer individuenreicheren Population mehr Variationen anzutreffen als in einer individuenärmeren Population (Darwin, 1859, 55-57). Diese Merkmalsvarianten werden von den Eltern in der Regel an die Nachkommen vererbt (Darwin, 1859, 12-13). Vererbungsregeln waren Darwin jedoch nach eigener Aussage weitgehend unbekannt (Darwin, 1859, 13). Seine Theorie war jedoch darauf angewiesen, dass die Merkmale der Eltern verlässlich an ihre Nachkommen weitergegeben werden¹. Ab wann von einer (Merkmals-)Variante, einer Varietät oder einer neuen Art gesprochen werden kann, diskutiert Darwin (1856) mit dem Ergebnis, dass dies nur durch das Urteil und die Erfahrung des Naturforschers entschieden werden kann (Darwin, 1859, 44ff). Eine trennscharfe Definition der Begriffe findet sich bei Darwin nicht. Er reiht jedoch die Varietät zwischen der Merkmalsvariante und der Art² ein.

¹Vererbt werden Erbanlagen (vgl. Abschnitt Synthetische Evolutionstheorie, 24). Dieser Absatz bleibt jedoch auf phänotypischer Ebene, da nur diese Darwin bekannt war.

²Des Weiteren spricht er auch noch von Rassen und Unterarten, ohne auch diese genau zu definieren.

4.1 Grundlegende Aussagen der Evolutionstheorien

Er beschreibt des Weiteren die Vereinigung zweier Individuen (oder Varietäten) im Rahmen der „Sexuellen Fortpflanzung“ als wichtig für die „*Kraft und Fruchtbarkeit der Nachkommen*“ (Darwin & Mayr, 1964, 96). Eine enge Inzucht würde im Gegensatz dazu diese Eigenschaften vermindern (Darwin & Mayr, 1964, 96-97). Darwin ging weiter davon aus, dass sowohl Änderungen der Lebensbedingungen, die er als „Gewohnheiten“ bezeichnet, als auch ein Gebrauch- oder Nichtgebrauch Körper-„Teilen“ von einen entscheidenden Einfluss auf die Morphologie von Lebewesen haben können (Darwin & Mayr, 1964, 11, 134) und damit auf die Entstehung von phänotypischer Variation. Darwin nahm also die phänotypische Variation als notwendige Voraussetzung für seine Theorie der Natürlichen Selektion an, konnte aber weder die Entstehung noch die Vererbung der Variation befriedigend erklären.

4.1.1.2 Evolutionsmechanismus: Natürliche Zuchtwahl

Darwin definiert die Natürliche Zuchtwahl³ als die Erhaltung vorteilhafter und Vernichtungen nachteiliger individueller Unterschiede. Er vergleicht jene mit der künstlichen Zuchtwahl. Mithilfe dieser können keine Varietäten erschaffen oder ihr Auftreten verhindert werden, aber ein Züchter kann versuchen bestimmte Varietäten zu erhalten und anzuhäufen (Darwin, 1859, 80). Die natürliche Zuchtwahl basiert ebenfalls auf der Existenz von Varietäten beziehungsweise individueller Unterschiede und ist ebenso nicht dazu in der Lage solche zu erschaffen (ebd., 80ff). Darwin (1864) beschreibt darüber hinaus weitere Voraussetzungen für die Natürliche Zuchtwahl: (1) Alle Lebewesen haben ein starkes Streben, sich zu vermehren. Sofern es keine natürliche Begrenzung gäbe, würde sich daher ihre Anzahl exponentiell („*geometrische Progression*“) (Darwin, 1859, 63) vergrößern (**Überfruchtbarkeit**). (2) Die Nahrung, die zur Verfügung steht, ist jedoch begrenzt (Darwin, 1859, 63-66) (**Ressourcenknappheit**). Andererseits ist auch zu beobachten, dass die tatsächliche Populationsgröße in der Regel längerfristig stabil bleibt. Daraus schließt Darwin auf einen **Wettbewerb** der Individuen um die zur Verfügung stehenden Ressourcen (3), der zu dieser Stabilität beiträgt, indem er zur Folge hat, dass nur ein Teil der Nachkommen überlebt (ebd., 63ff). Ein Individuum das nur den geringsten Vorteil vor anderen besitzt, überlebt mit größter Wahrscheinlichkeit und kann demnach auch seinesgleichen hervorbringen (Darwin, 1859, 81f.). Einheit der Selektion im Sinne Darwins ist also das Individuum (Wieser, 1994, 19).

³Heute wird dafür der Begriff *Natürliche Selektion* verwendet (Markl & Sadava, 2011, 6).

4 Ausgewählte Aspekte zum Thema Evolution

Damit beschreibt Darwin die Veränderung der Arten als zweistufigen Prozess: (1) zunächst muss Variabilität vorliegen, anschließend begünstigt der Daseinskampf manche Individuen (2). Geringe Unterschiede (Variation) können darüber entscheiden, welche Individuen weiterleben und welche sterben und damit welche Varietät oder Art wächst und welche abnimmt (ebd. 466-467). Durch Addition kleiner Veränderungen des Phänotyps und über daraus resultierende Zwischenformen entstehen Arten. Nach der von Darwin (1859) formulierten Theorie erfolgt daher der Artenwandel nicht in Sprüngen, sondern allmählich (graduell) über Zwischenformen (**Gradualität**).

Als Variante der Natürlichen Zuchtwahl beschreibt Darwin die **Geschlechtliche Zuchtwahl**⁴. Das Ergebnis hängt bei dieser nicht von einem Kampf ums Überleben ab, sondern vom Kampf zwischen den Individuen eines Geschlechts um die erfolgreiche Fortpflanzung. Ein Beispiel hierfür ist das Werben von männlichen Individuen einer Art um ein Weibchen. Der erfolglose Mitbewerber hat keine oder nur eine geringere Anzahl an Nachkommen. Die Unterschiede zwischen Männchen und Weibchen einer Art (Sexualdimorphismus) sind nach Darwin das Ergebnis dieser geschlechtlichen Zuchtwahl (Darwin, 1859, 87-90).

4.1.2 Die synthetische Evolutionstheorie

Die Weiterentwicklung von Darwins Theorien hält bis heute an und wird als *Synthetische Evolutionstheorie* bezeichnet. In die Weiterentwicklung fließen Erkenntnisse aus unterschiedlichen biologischen Forschungsbereichen wie Genetik, Zoologie, Anatomie, Systematik, Paläontologie, Biogeographie, Spieltheorie und Embryologie ein (Mayr, 2002, 95-97). Darüber hinaus wird in der synthetischen Evolutionstheorie die Bedeutung der Populationen als Einheit der Evolution betont, ebenso die zentrale Rolle der natürlichen Selektion als bedeutendstem Mechanismus und die Idee der Gradualität, nach der große Veränderung Anhäufungen kleiner Veränderungen sind (Campbell, Reece, Kratochwil & Lazar, 2009, 524-525).

Wie bereits von Darwin beschrieben, muss Evolution als ein zweistufiger Prozess begriffen werden: (1) Entstehung von genetischer Vielfalt mithilfe von Mutation und Rekombination und daraus folgende (2) Veränderungen in der Häufigkeit von Allelen und Genotypen, welche durch Natürliche Selektion, Sexuelle Selektion und Genfluss entstehen (Futuyma, 2007, 270).

Um eine Vereinheitlichung mit der Analyse der Schülervorstellungen zu ermögli-

⁴Heute wird dafür der Begriff *Sexuelle Selektion* verwendet (Markl & Sadava, 2011, 6).

4.1 Grundlegende Aussagen der Evolutionstheorien

chen, wird in dieser Arbeit dieser zweistufige Prozess übernommen und zwischen Voraussetzungen (1) und den Mechanismen (2) bei der Analyse unterschieden. Voraussetzung für einen evolutionären Prozess ist die Variation in der Population, die durch Mutation und Rekombination entsteht. Als Mechanismus wird beispielsweise die Natürliche Selektion betrachtet.⁵ Nachfolgend sollen für diese Arbeit vor allem im Hinblick auf die Analyse relevante Aspekte erläutert werden.

4.1.2.1 Voraussetzungen: Variation

Unterschiede zwischen Individuen einer Population können genetisch oder umweltbedingt sein. Unterschiedliche Bedingungen können daher innerhalb einer genetischen Reaktionsnorm zu unterschiedlichen Ausprägungen beispielsweise der Morphologie führen (Markl & Sadava, 2011, 328). Variation wird immer über den **Phänotyp** wahrgenommen, basiert jedoch auf dem **Genotyp**, weswegen diese beiden Begriffe nachfolgend erläutert werden.

Als **Genotyp** wird die genetische Konstitution eines individuellen Organismus (Tomiuk & Loeschcke, 2016) definiert. Die Varianten eines Gens an einem Genort (locus) werden als Allele bezeichnet. Das häufigste Allel in der Population wird als Wildtyp bezeichnet. Manchmal sind die unterschiedlichen Allele jedoch auch in ähnlicher Häufigkeit anzutreffen. Die relative Häufigkeit eines Allels in einer Population wird als Allelfrequenz bezeichnet. In Populationen, die sich sexuell fortpflanzen, werden diese Allele über Eizellen und Spermien weitergegeben. Die Allele werden dadurch entweder homozygot (zwei Kopien des selben Allels) oder heterozygot (jeweils eine Kopie von zwei unterschiedlichen Allelen) kombiniert. Jede Veränderung der Häufigkeit eines Genotyps in einer Generation verändert die Häufigkeit, mit der die Allele in die nächste Generation weitergegeben werden. Solche Änderungen von Generation zu Generation sind der zentrale Prozess des evolutionären Wandels. Die Faktoren, die diese Häufigkeiten ändern können, sind die Ursachen der Evolution. (Futuyma, 2007, 192-193)

Als **Phänotyp** wird die physische Expression der Gene von Organismen bezeichnet. Die Phänotypische Variation ist also ein Ergebnis genetischer Unterschiede zwischen

⁵In der Literatur werden zu den Evolutionsmechanismen Mutation, Genfluss, genetische Drift, nicht-zufällige Paarungen und natürliche Selektion gezählt (Markl & Sadava, 2011, 585)

4 Ausgewählte Aspekte zum Thema Evolution

Individuen. *Merkmale* sind die Eigenschaften eines Phänotyps. Man spricht von einer *Merkmalsausprägung* oder *Merkmalsform* wenn die spezifische Form eines Merkmals gemeint ist (Markl & Sadava, 2011, 579). Phänotypen können aufgrund von Umwelteinflüssen jedoch eine gewisse Plastizität (*phänotypische Plastizität*) aufweisen, da manche Signale aus der Umwelt dazu in der Lage sind, die Entwicklung eines Organismus nachhaltig zu verändern (Graw, 2015, 562). Solche umweltbedingte Variationen von Merkmalen werden als *Modifikation* bezeichnet (Graw, 2015, 10). Ein einzelner Genotyp ist also in der Lage, zwei oder mehr Phänotypen hervorzubringen (Graw, 2015, 562).

Entstehung von Variation: Mutation

Als Mutationen werden Veränderungen in der DNA-Sequenz verstanden (Futuyma, 2007, 165). Mutationen können evolutionäre Konsequenzen haben, wenn sie an nachfolgende Generationen weitergegeben werden. Bei vielzelligen Lebewesen mit Trennung von Keimbahn und Soma werden Mutationen nur vererbt, wenn sie in der Keimbahn auftreten. Zunächst verfügt dann jedoch nur ein sehr kleiner Anteil der Population über diese Mutationen (Futuyma, 2007, 162-170). Eine Fixierung neu entstandener Mutationen in einer Population erfolgt jedoch nur, wenn weitere Evolutionsfaktoren wie die Natürliche Selektion wirken (Futuyma, 2007, 166).

Mutationen können spontan oder induziert entstehen. Ständige Veränderungen im Genom ohne äußere Einflüsse werden als **spontane Mutationen** bezeichnet. Sie entstehen beispielsweise durch Fehler der Replikation (Markl & Sadava, 2011, 414-415). Diese spontanen Mutationen treten zufällig auf, es ist jedoch möglich, die Wahrscheinlichkeit des Auftretens im Sinne eines stochastischen Prozesses vorauszusagen (**Probabilität**). Die Mutationsrate variiert sehr stark zwischen unterschiedlichen Genen und Chromosomen (Futuyma, 2007, 170-173). Mutationen entstehen auch unabhängig von einer bestimmten Umgebung, in der sie vorteilhaft wären, das bedeutet sie sind ungerichtet (Futuyma, 2007, 178-179). DNA wird auch regelmäßig durch chemische und physikalische Einflüsse beschädigt. Viele dieser Änderungen werden repariert, manche bleiben jedoch bestehen. Treten solche, durch äußere Einflüsse bedingte Mutationen in der Keimbahn auf, können diese ebenfalls über die Gameten an die Nachkommen weitervererbt werden (Futuyma, 2007, 162-170).

Entstehung von Variation: Rekombination

Ein weiterer wichtiger Faktor für die Vergrößerung von Variation innerhalb von Populationen ist die **Rekombination**. Der Begriff umfasst jegliche Neukombination von

4.1 Grundlegende Aussagen der Evolutionstheorien

DNA-Sequenzen (Graw, 2015, 242). Bei Lebewesen, die sich sexuell vermehren, treten genetische Variationen aufgrund zweier Prozesse auf: Die Vereinigung zweier genetisch unterschiedlicher Gameten (1) und die Bildung von Gameten mit verschiedenen Kombinationen von Allelen (2) (Futuyma, 2007, 179-180). Bei Eukaryoten versteht man unter Rekombination den Austausch homologer Regionen während der Meiose zwischen väterlicher und mütterlicher Chromosomen. Das Ergebnis der Rekombination ist also eine Mischung aus Allelen väterlichen und mütterlichen Ursprungs (Graw, 2015, 242). Die potentielle genetische Variation, die durch Rekombination erreicht werden kann, ist daher abhängig von der Anzahl der Chromosomen sehr hoch (Futuyma, 2007, 179-180).

4.1.2.2 Evolutionsmechanismen

Natürliche Selektion, Sexuelle Selektion und Gendrift sind die wichtigsten Ursachen für die Änderung der Allelfrequenz und für den Austausch von Allelen innerhalb von Populationen (Futuyma, 2007, 226). Daher werden diese hier näher erläutert.

Evolutionsmechanismen: Natürliche Selektion

Futuyma (2007) definiert **Natürliche Selektion** als jeden Unterschied im **Reproduktionserfolg** zwischen phänotypisch unterschiedlichen Varianten biologischer Einheiten. Dies beinhaltet das Überleben bis zum fortpflanzungsfähigen Alter (1) und die durchschnittliche Anzahl der gezeugten Nachkommen (2). Der Reproduktionserfolg eines Phänotyps wird auch als *Fitness* bezeichnet. Natürliche Selektion hat jedoch nur einen evolutionären Effekt, wenn diese phänotypischen Unterschiede genetisch bedingt und vererbar sind (Futuyma, 2007, 251). Durch den unterschiedlichen Reproduktionserfolg verändert sich die Zusammensetzung des Genpools der Population (Zrzavý, Storch & Mihulka, 2009, 51). **Selektionsfaktoren**, wie die jeweiligen Lebensbedingungen der Organismen (beispielsweise das Nahrungsangebot) oder Umwelteinflüsse (beispielsweise die Temperatur) wirken auf die Individuen und damit auf die Fitness ein. Auch Konkurrenz durch Artgenossen (vgl. Abschnitt Sexuelle Selektion, 28) oder durch artfremde Lebewesen (beispielsweise Raub-Feind-Druck) sind weitere Selektionsfaktoren. Diese Faktoren üben einen **Selektionsdruck** aus. Dieser Selektionsdruck bestimmt damit die Richtung der Evolution (Kutschera, 2015, 86). Natürliche Selektion hat jedoch ihre **Grenzen**. Entwicklungsprozesse und konstruktive Einschränkungen beschränken die Möglichkeiten der Evolution. Als Beispiel dafür

4 Ausgewählte Aspekte zum Thema Evolution

nennt Mayr (1988) die Schildkröte. Deren Bauplan ist so strukturiert, dass eine Befähigung zum Fliegen bei den Nachkommen durch Natürliche Selektion nicht ermöglicht wird. Der Bauplan ist bestimmt durch den Genotyp und dieser gibt die Bahnen zukünftiger Evolution vor. Jeder Genotyp hat demnach ein bestimmtes Potential, das eine mögliche evolutionäre Änderung begrenzt. (Mayr & Markl, 1991, 140-141)

Evolutionsmechanismen: Sexuelle Selektion

Organismen haben nicht nur Strukturen evolviert, die ihnen dabei helfen, zu überleben, sondern auch solche, die hinsichtlich gegebener Umweltbedingungen zunächst ungünstige Merkmale darstellen. Beispiele dafür sind der Pfauenschwanz, die prachtvollen Federn von Paradiesvögeln oder das Hirschgeweih. Dies alles dient nicht unmittelbar dem Überleben, sondern ist häufig sogar hinderlich dafür. Eine Erklärung, die dafür auch schon Darwin vorgeschlagen hat, ist die **Sexuelle Selektion** (Zrzavý et al., 2009, 65-66). Bei der sexuellen Fortpflanzung ist die Verteilung der elterlichen Investitionen asymmetrisch (Zrzavý et al., 2009, 65). Weibchen produzieren häufig relativ wenige, große Gameten (Eier) und Männchen erzeugen häufig viele kleine Gameten (Spermien). Daraus resultieren unterschiedliche Strategien von Männchen und Weibchen bei der Partnerwahl. Hierbei werden zwei Mechanismen unterschieden: Männchenkonkurrenz (1) und Weibchenwahl (2). Männliche Vögel konkurrieren beispielsweise mithilfe von farbigem Gefieder oder bestimmter Geräusche oder Gesänge um Paarungsgelegenheiten (Futuyma, 2007, 330). Die von den Weibchen bevorzugte Merkmalsausprägung ist häufig jedoch ökologisch benachteiligend, da diese möglicherweise auch Räuber anlocken könnte oder energetisch aufwendig ist (Futuyma, 2007, 329-332). Dieser Mechanismus ist nicht umstritten, jedoch bleibt die Frage offen, warum die Weibchen dieses Verhalten überhaupt aufzeigen. Dafür gibt es verschiedene Hypothesen (beispielsweise *Gute Gene*), die für diese Arbeit jedoch keine Rolle spielen und daher an dieser Stelle nicht erläutert werden.

Evolutionsmechanismen: Gendrift

Zufällige Veränderungen der Allelfrequenzen können in kleinen Populationen im Laufe der Zeit große Veränderungen der Allelfrequenzen mit sich bringen (Graw, 2015, 586). Diese zufälligen Veränderungen der Allelhäufigkeiten innerhalb von Populationen werden als **Gendrift** bezeichnet (Futuyma, 2007, 226). Nachteilige Allele können durch genetische Drift häufiger werden und vorteilhafte Allele verloren gehen und umgekehrt. Auch in großen Populationen kann genetische Drift die Häufigkeit von Allelen beeinflussen (Graw, 2015, 586). Beschränkungen in der Populationsgröße,

4.1 Grundlegende Aussagen der Evolutionstheorien

die diese Effekte unterstützen, werden als Flaschenhals bezeichnet. Ein Flaschenhals tritt auf, wenn nur eine kleine Anzahl von Individuen oder in der extremsten Variante nur ein einzelnes befruchtetes Weibchen vorhanden ist. Der Genpool dieser neuen Population unterscheidet sich deutlich vom Genpool der Quellpopulation. Beispielsweise werden seltene Allele dann nicht oder überproportional häufig in diese Population übertragen (Futuyma, 2007, 232). Diese Reduktion der genetischen Vielfalt in einer Population kann folgeschwere Konsequenzen haben. Dadurch können beispielsweise nachteilige Allele fixiert werden, welche das Überleben oder die Reproduktion reduzieren können. Dies kann bis zum Aussterben der Population führen (Futuyma, 2007, 234). Es resultiert aus diesem zufälligen Wandel in der Allelfrequenz im Gegensatz zur Natürlichen Selektion keine Anpassung an die Umwelt (Futuyma, 2007, 226).

Anpassung und Angepasstheit Unter Anpassung wird sowohl der Prozess, durch den vorteilhafte Merkmale evolvieren, als auch das Ergebnis diesen Vorgangs und damit das Merkmal selbst verstanden (Graw, 2015, 579). Lorenz (1965) schlägt daher vor, begrifflich zwischen Anpassung (als Prozess) und Angepasstheit (als Zustand) zu unterscheiden.

Anpassung und Zufall

Mutationen treten zufällig auf (vgl. Abschnitt Entstehung von Variation: Mutation, 26). Der Zufall spielt auch bei der **Sexuellen Fortpflanzung** und der **Rekombination** eine Rolle. Bei der Entstehung von Gameten ist es zufällig, welches Gen ausgeschlossen wird, beispielsweise weil es statt in der Eizelle im Polkörper landet (Weitzel, 2018, 7). Die Häufigkeit des Auftretens von Allelen kann jedoch auch zufällig verschoben werden, weil manche Organismen sterben oder weil sie sich, aus welchen anderen Gründen auch immer, nicht fortpflanzen (Wieser, 1994, 21). Dies ist zum Beispiel bei Tieren der Fall, die in Haremsgruppen leben wie Gorillas oder Löwen (Weitzel, 2018, 7). Wie bereits beschrieben, ist auch das Auftreten einer **Gendrift** ein *zufälliger* Prozess. Dadurch ändert sich die Allelhäufigkeit in der Population *zufällig*. Das bedeutet, im Vergleich zur Ursprungspopulation können bestimmte Allele ganz verschwinden oder überproportional häufig oder selten vorhanden sein (Futuyma, 2007, 226).

4.1.3 Zusammenfassung

Um evolutionäre Prozesse angemessen erklären zu können, müssen zwei Aspekte beschrieben werden: (1) Entstehung von genetischer Vielfalt und daraus folgende (2) Veränderungen in der Häufigkeit von Allelen und Genotypen beispielsweise durch Evolutionsmechanismen wie die Natürliche Selektion. Eine notwendige Voraussetzung für die Selektion ist die genetische Variation innerhalb von Populationen. Die Phänotypische Variation ist das Ergebnis der genetischen Variation, kann jedoch durch Umwelteinflüsse beeinflusst werden. Genetische Variation entsteht durch Mutation und Rekombination und kann vererbt werden. Natürliche Selektion und Gendrift stellen wichtige Mechanismen dar, die zu einer Veränderung der Allelelhäufigkeiten in der Population führen können und damit zu dem, was wir als evolutionären Wandel verstehen. Auch Sexuelle Selektion fungiert als Evolutionsmechanismus. Der Zufall spielt eine wichtige Rolle beim evolutionären Wandel. Anpassungsprozesse sind damit probabilistische Prozesse.

4.2 Ausgewählte Forschungsergebnisse zu Schülervorstellungen von Anpassung und Auslese

Zahlreiche Studien erheben seit den 80er Jahren Vorstellungen zu Evolution (u.a. Brumby 1984, Hallden 1988, Jimenez-Aleixandre 1992, Bishop & Anderson 1990, Greene 1990, Nehm & Schonfeld 2007). In den folgenden Kapiteln soll aufgezeigt werden, wie Schülervorstellungen kategorisiert werden können (Kapitel 4.2.1.), mit welchen Schülervorstellungen zu rechnen ist (Kapitel 4.2.2.), welche Rolle Aufgabenkontexte bei der Erhebung von Schülervorstellungen spielen und in welchem Ausmaß dies bereits untersucht ist beziehungsweise inwiefern sich Hinweise darauf finden lassen (Kapitel 4.2.3.). Anschließend werden idealisierte kognitive Modelle (ICMs) zu Anpassung und Auslese vorgestellt, die in dieser Arbeit verwendet werden (Kapitel 4.2.4.).

4.2.1 Kategorisierung von Schülervorstellungen

In einem Großteil der Studien wird zur Kategorisierung der Vorstellungen eine immer wiederkehrende Terminologie verwendet, die jedoch zum Teil unterschiedlich belegt und eingesetzt wird. Bevor die Ergebnisse anderer Studien vorgestellt werden können, muss eine Vereinheitlichung der Definition durchgeführt werden. Daher soll an dieser Stelle eine differenzierte Darstellung mit definierendem Charakter der häufigsten Termini und der damit verbundenen Vorstellung erfolgen.

Die Autoren der Studien unterscheiden finale, teleologische, religiöse, anthropomorphe, ultimate, proximate und lamarckistische Vorstellungen. Zunächst soll jedoch der Begriff der *Anpassung* und *Angepasstheit* an dieser Stelle definiert werden.

4.2.1.1 Anpassung und Angepasstheit

Mayr (1988) diskutiert in *Eine neue Philosophie der Biologie* den Anpassungsbegriff mit Rückgriff auf verschiedene andere Autoren. Für die einen Autoren ist ein Merkmal eine Anpassung, wenn es nicht nur die Angepasstheit seines Trägers fördert, sondern es muss zugleich auch das Ergebnis der natürlichen Selektion sein. Andere definieren jedes Merkmal oder jede Eigenschaft als *Adaptation*, wenn dadurch die Angepasstheit seines Trägers gefördert wird, unabhängig von seiner Entstehung (Mayr & Markl, 1991, 159-162). Des Weiteren kann unter dem Begriff *Anpassung* sowohl der Prozess

4 Ausgewählte Aspekte zum Thema Evolution

des *Sich-Anpassens* verstanden werden, als auch das Endstadium des Prozesses, also das *Angepasst-sein* (Mayr & Markl, 1991, 167-168). Der Anpassungsbegriff wird sowohl im Kontext von Evolution verwendet als auch um kurzzeitige, physiologische Anpassungen zu erklären (Mayr & Markl, 1991, 167-168). In dieser Arbeit wird unter Anpassung der Prozess und unter Angepasstheit das Ergebnis eines evolutionären Anpassungsprozesses verstanden.

4.2.1.2 Finale Vorstellungen

Finale Vorstellungen sind zweckgerichtet. Nach diesen Vorstellungen entsteht ein Merkmal, damit es einen bestimmten Zweck, beispielsweise die Entstehung oder Änderung einer Funktion erfüllen kann. Diese Vorstellungen entsprechen, angelehnt an die Theorie des erfahrungsbasierten Verstehens, einem „Start-Ziel-Schema“ mit einem statischen Endzustand. Eine solche Vorstellung negiert Variation, Zufall und die natürliche Selektion, als auch den dynamischen Charakter der Angepasstheit (Fenner, 2013, 11). Weitere Vorstellungen, wie die teleologischen Vorstellungen, können den finalen Vorstellungen zugeordnet werden, weswegen sie nachfolgend erläutert werden.

Teleologische Vorstellungen Teleologische Vorstellungen stellen eine Variante finaler Vorstellungen dar. Eine stringente Trennung dieser Begriffe scheint schwierig zu sein, was daran zu sehen ist, dass beide Begriffe häufig nahezu synonym verwendet werden (Mayr & Markl, 1991). Es wird beispielsweise häufig eine teleologische Sprache verwendet, um die Funktion von Organen oder physiologische Vorgänge zu beschreiben. Typischerweise findet sich hier die Formulierung, etwas existiere aufgrund einer Funktion, eines Zwecks oder Ziels (Mayr & Markl, 1991, 51). Damit kann unter Teleologie die Lehre von Zielgerichtetheit oder Zweckbestimmtheit verstanden werden (Vollmer, 1999). Der Begriff **Teleologie** geht auf Aristoteles zurück. Nach Aristoteles muss die Natur im Hinblick auf ein vernünftiges Ziel aufgebaut sein und alles einen bestimmten Zweck (*telós*) verfolgen (Jahn, 2000, 62-63). Alles was geschieht, steht als Wirkung im Verhältnis einer Form-, Stoff-, Zweck- oder Wirkursache (Rehfus, 2003). Demnach ist die Morphologie eines Organs allein durch dessen Funktion bestimmt (Jahn, 2000, 62-63). Das formgebende Prinzip wird von Aristoteles als *eidos* bezeichnet. Dieses *eidos* gibt jedem sich entwickelnden Organismus seine Form und enthält damit auch schon das endgültige *télos* (Mayr & Markl, 1991, 76-77).

4.2 Ausgewählte Forschungsergebnisse zu Schülervorstellungen von Anpassung und Auslese

Moderne Aristoteles-Forscher sehen Begriff des *eidos* im Zusammenhang mit der ontogenetischen Entwicklung und damit ähnlich dem modernen Begriff des genetischen Programms und nicht wie in der Vergangenheit im Sinne einer kosmischen Teleologie (Mayr & Markl, 1991, 81). Im Mittelalter geht das aristotelische *télos* in Gott auf. Alles geht damit schlussendlich von Gott aus. Bei Aristoteles war es die Natur, die nichts Unnützes tut. Nun liegt alles Geschehen im weisen Plan eines Schöpfers (Jahn, 2000, 90). In den folgenden Jahrhunderten finden sich bezüglich der teleologischen Sprachweise wechselnde und konkurrierende Extrempositionen. Beispielweise erklärten die Mechanisten, zu denen auch Lamarck zählte, alles ausschließlich im Sinne von Bewegungen und Kräften und lehnten damit teleologische Ausdrücke und Wendungen ab (Mayr & Markl, 1991, 52).

Die Kritik an der teleologischen Sprache lässt sich argumentativ folgenden Positionen zuordnen: Teleologische Aussagen implizieren die Existenz nicht-materieller Lebenskräfte und damit nicht beweisbare metaphysische Konzepte (1). Erklärungen, die nicht auf die unbelebte Natur anwendbar sind, sind gleichbedeutend mit der Ablehnung physikalisch-chemischer Erklärungen (2). Sie widersprechen dem Kausalitätsbegriff, wenn die Annahme unterstützt wird, dass zukünftige Ziele Ursache für gegenwärtige Geschehnisse sind (3) und sie sind Ausdruck eines unannehmbaren Anthropomorphismus, der sich in der teleologischen Sprache ausdrückt. Es entsteht das Dilemma, dass sich einerseits zahlreiche und gewichtige Einwendungen gegen die teleologische Sprache finden, andererseits Biologen dennoch darauf bestehen, dass die Benutzung dieser Sprache aus methodischen und heuristischen Gründen nach wie vor notwendig ist (Mayr & Markl, 1991, 53-55).

Teleologisch bedeutet „zielgerichtet“ (Mayr & Markl, 1991, 57). Daher kann die natürliche Auslese in keiner Art und Weise als *teleologisch* bewertet werden, da sie ausschließlich den gegenwärtigen Erfolg belohnt und niemals zukünftige Ziele setzt (Mayr & Markl, 1991, 58). Anpassungsprozesse in der Biologie können retrospektiv erscheinen, als ob sie Ziele verfolgen würden, können jedoch mit dem historischen Prozess der Natürlichen Selektion erklärt werden (Futuyma, 2007, 250-251). Es findet sich in der belebten wie unbelebten Natur jedoch eine Vielzahl an Vorgängen und Aktivitäten, die zu einem Ende führen. Viele physikalisch-chemische Abläufe sind die Folge von Naturgesetzen und damit auf eine „passive, automatische, von äußeren Kräften oder Bedingungen diktierte Weise endgerichtet“ (Mayr & Markl, 1991, 60). Der Endzustand solcher unbelebter Gegenstände wird automatisch erreicht. Zur Bezeich-

4 Ausgewählte Aspekte zum Thema Evolution

nung solcher Prozesse wurde der Begriff *teleomatisch* eingeführt (Mayr & Markl, 1991, 60). Auch in der organischen Welt findet sich häufig zielgerichtetes Verhalten, beispielsweise Nahrungsbeschaffung und Balz. In den letzten Jahrzehnten hat sich dafür der Begriff *teleonomisch* herausgebildet. Nach Mayr (1991) findet sich für diesen Begriff folgende Definition: „Ein teleonomischer Vorgang oder ein teleonomisches Verhalten ist ein Vorgang oder Verhalten, das sein Zielgerichtetsein dem Wirken eines Programms verdankt.“ (Mayr & Markl, 1991, 61). Teleonomische Vorstellungen gehören damit zu den proximalen Vorstellungen (vgl. Abschnitt Ultimate und Proximate Vorstellungen, 38). Die zweite charakteristische Komponente teleonomischen Verhaltens bildet die Existenz eines Schlusspunktes, welcher in dem Programm vorhanden ist. Dieser Schlusspunkt könnte beispielsweise das Erreichen einer geographischen Position sein. Jedoch ist jedes einzelne Programm ein Ergebnis der natürlichen Auslese, das durch den Selektionswert dieses Endpunktes reguliert wird. Es können also auch nur Prozesse als teleonomisch verstanden werden, die diese Bedingungen erfüllen (Existenz eines Programms, programmiertes Ende). Eine Anwendung teleonomischer Erklärungen auf einen Vorgang, der diese Voraussetzung nicht erfüllt, wie beispielsweise die Natürliche Selektion ist somit nicht angemessen. Mayr (1991) definiert Programm als „codierte oder im Voraus angeordnete Information, die einen Vorgang (oder ein Verhalten) so steuert, dass er zu einem vorgegeben Ende führt“ (Mayr & Markl, 1991, 66). Dieses Programm ist seiner Definition nach etwas Materielles und etwas, das bereits vor dem Beginn des teleonomischen Vorgangs bestand und damit mit einer kausalen Erklärung vereinbar ist. Solche Programme können vollständig geschlossen sein (wie beispielsweise die DNA) oder auch als offene Programme beispielsweise durch Lernen oder Konditionierung Informationen aufnehmen und einbauen. Der Ursprung des Programms selbst ist für die Definition nicht von Belang (Mayr & Markl, 1991, 60-67).

Erklärungen, die mit „was“ oder „wie“ beginnen, sind für die Physik völlig ausreichend. Für die Biologie muss jedoch für eine vollständige Erklärung auch immer nach dem „warum“ gefragt werden. Ein Merkmal muss für seinen Träger eine Rolle gespielt oder zumindest nicht negativ gewirkt haben, sonst würde es nicht existieren (Mayr & Markl, 1991, 73-74). Dieses „warum“ fragt also nach der selektiven Bedeutung eines Aspekts des Phänotyps. Und gerade dieses „warum“ findet sich in der teleologischen Sprache wieder. Wenn nun also versucht wird, auf diese zu verzichten, entstehen Sätze, die eben nicht gleichwertig sind. An einem Beispiel zeigt dies Mayr (1991) auf: „Die Nachtigall zieht im Herbst in wärmere Länder, um den Unbilden des Wetters [...] auszuweichen“. In diesem Satz kann das „um“ nicht einfach durch ein „und“ ersetzt

4.2 Ausgewählte Forschungsergebnisse zu Schülervorstellungen von Anpassung und Auslese

werden, wenn nicht ein wichtiger Aspekt (die Frage nach dem „warum“) ausgeklammert werden soll. Wenn dieses „um“ im teleonomischen Sinne, also als Folge eines Programms verstanden wird, dann entsteht dadurch ein Mehrwert im Vergleich zu dem um jegliche telologische Formulierung bereinigten Satz („und“) (Mayr & Markl, 1991, 57-67). Demzufolge sieht Mayr (1991) die Verwendung sogenannter teleologischer Sprache als legitim an. Jedoch ist es seiner Ansicht nach nicht gerechtfertigt, evolutive Vorgänge als teleologisch im Sinne von zielgerichtet zu beschreiben, da die Selektion nur existierende Phänomene oder Merkmale begünstigen kann, jedoch nicht für die Zukunft plant. Für Vorgänge, wie beispielsweise Verhaltensweisen, die durch ein Programm zielgerecht gesteuert werden, empfiehlt er die Bezeichnung „teleonomisch“ um vom historischen Verständnis des Begriffs „teleologisch“ zu trennen.

Wenn in dieser Arbeit der Begriff „teleologisch“ verwendet wird, dann geschieht das im historischen Sinne und beinhaltet die Zielgerichtetheit eines Prozesses. Nach dieser Vorstellung geschieht ein adaptiver Prozess, weil damit ein Ziel (und in dem Sinne in der Regel auch ein Zweck) verfolgt wird. Anders als bei Lammert (2012) sind hier jedoch keine Erklärungen zu verorten, die eine Änderung durch einen Schöpfer oder eine personifizierte Natur annehmen (Lammert, 2012, 22). Diese werden in der Kategorie *Religiöse Vorstellungen* (vgl. *Religiöse Vorstellungen*, 36) zusammengefasst, die eine Unterkategorie teleologischer Vorstellungen bildet. Da in dieser Arbeit auch der Zusammenhang zwischen Religiosität und Vorstellungen zu Anpassung und Auslese untersucht wird, soll im Hinblick auf die Analyse zwischen teleologischen Vorstellungen mit und ohne Gott unterschieden werden, um ein differenziertes Bild zu erhalten. Zwischen finalen und teleologischen Vorstellungen wird in dieser Arbeit nicht differenziert, da beide Begriffe häufig synonym verwendet werden und teleologische Vorstellungen eine Variante finaler Vorstellungen darstellen. Beide Termini werden hierfür zu den *Intentionalen Vorstellungen* gezählt und dementsprechend verstanden. Dies geschieht aufgrund des Bezugs zur *Theorie des erfahrungsbasierten Verstehens*. Die Erfüllung eines Zweckes oder das Erreichen eines Ziels sind demnach absichtsvolle Handlungen. Ein Großteil menschlicher Handlungen ist mit Absicht verbunden. Solche Erfahrungen werden bereits ab dem Kleinkindalter zahlreich gemacht. Ein Beispiel dafür ist die Erfahrung von Anstrengung zum Erreichen eines entfernten Spielzeugs. Jegliche Veränderung der Situation ist also das Resultat eines absichtsvollen Tuns (Weitzel, 2006, 36). Im Kontext von Evolution zeigt sich dies in der wahrgenommenen Diskrepanz eines Ist-Zustandes und dem erwünschten Zustand

4 Ausgewählte Aspekte zum Thema Evolution

(Ziel -> Anpasstheit). Daraus resultiert ein Anpassungszwang, welcher das Individuum möglicherweise in eine Notsituation bringt. Dieses Individuum kann sich dadurch dazu angehalten fühlen, seine Handlungen so auszurichten, dass sie diese Diskrepanz verringern (Weitzel, 2006, 36). Es wird also eine *Intentionalität* im Bezug auf die Anpassungssituation zum Ausdruck gebracht. Die *Intentionalität* findet sich im *Modell der Gezielten Gegenstandsanzpassung* wieder, das in Kapitel 4.2.4. als idealisiertes kognitives Modell (ICM) vorgestellt wird.

Religiöse Vorstellungen Vorstellungen dieser Kategorie beziehen sich auf eine Schöpfung durch einen Gott oder eine höhere Macht, beispielsweise die "Mutter Natur". Damit gehören religiöse Vorstellungen ebenfalls zu den teleologischen Vorstellungen. Das Ziel wird dabei jedoch von Außen beispielsweise von Gott vorgegeben und die Prozesse von jenem darauf ausgerichtet.

Anthropomorphe Vorstellungen Bei der Erhebung von Schülervorstellungen zu Evolution werden oftmals auch *Anthropomorphe* oder *animistische* Vorstellungen beschrieben. Dabei werden menschliche Eigenschaften auf Tiere übertragen. Aus der Theorie des erfahrungsbasierten Verstehens lässt sich ableiten, dass Vorstellungen durch menschliche Grunderfahrungen geprägt sind und dadurch letztendlich unvermeidlich anthropomorph sind. Daraus ergibt sich, dass nicht jede Vermenschlichung unangemessen ist (Kattmann, 2005, 167). Daher schlägt Kattmann (2005) dafür die Terminologie *Anthropomorphie* vor. Er trennt dies sprachlich von den *Anthropomorphismen* ab, die nach dieser Definition eine fachlich oder pädagogisch unangemessene Vermenschlichung bezeichnen. Anthropomorphie (von gr. morphä für Gestalt) beinhaltet nach der Definition Kattmanns (2005) anders als bei Gropengießer (2003) nicht nur die Beschränkung auf körperliche Aspekte, sondern wird im Sinne eines Oberbegriffs eingesetzt. Ausschließlich körperlich gemeinte anthropomorphe Vorstellungen erhalten dagegen den Terminus *Somatomorphie* (von gr. soma für Leib) (Kattmann, 2005, 167). Die *Personifizierung* stellt einen Spezialfall der Anthropomorphie dar und bezeichnet die Übertragung typischer personenhafter Eigenschaften (beispielsweise den Willen) auf konkrete oder abstrakte Objekte (beispielsweise Tiere, Organe, Gene). Ein anderer dafür häufig verwendete Begriff ist der *Anismus*. Kattmann (2005) schlägt für diese Vorstellungen den Begriff *Psychomorphismus* vor. Bei der Vorstellungsbildung werden dadurch sowohl (a) menschliche Merkmale (beispielsweise Bewusst-

4.2 Ausgewählte Forschungsergebnisse zu Schülervorstellungen von Anpassung und Auslese

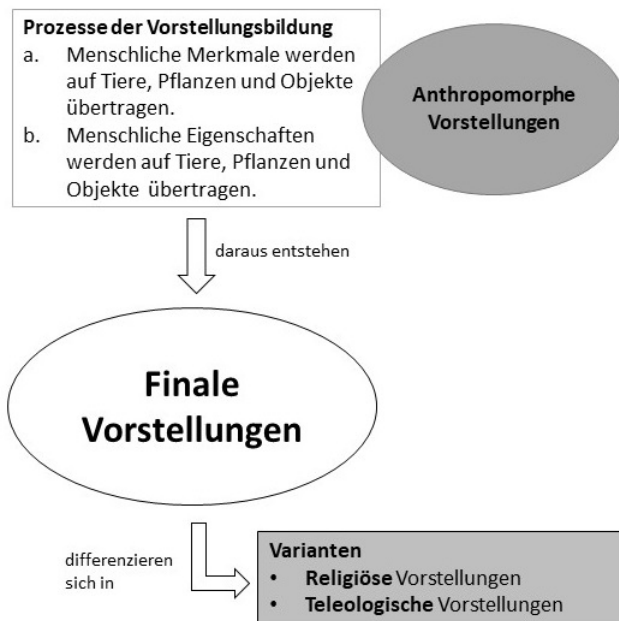


Abbildung 4.1: Intentionale Vorstellungen: Varianten und Entstehung

sein) wie auch (b) menschliche Eigenschaften (beispielsweise die Zielstrebigkeit) auf Tiere, Pflanzen oder Objekte übertragen. Damit entstehen ebenfalls finale Vorstellungen, weswegen anthropomorphe Vorstellungen eine wichtige Rolle beim Prozess der Vorstellungsbildung spielen (vgl. Abbildung 4.1.).

Die in der Abbildung 4.1. dargestellten Vorstellungen (Anthropomorphe, finale, religiöse und teleologische Vorstellungen) werden für diese Arbeit als **Intentionale Vorstellungen** zusammengefasst, da die Intentionalität das verbindende Merkmal darstellt. Wo notwendig findet jedoch eine Differenzierung statt. Dies geschieht beispielsweise bei der Untersuchung, ob religiöse Probanden auch wahrscheinlicher religiöse Vorstellungen äußern. In diesen Fällen werden religiöse Vorstellungen isoliert von den anderen intentionalen Vorstellungen betrachtet (vgl. Forschungsfrage III, 83). Andere Autoren fassen intentionale Vorstellungen als **naïve Vorstellungen** zusammen (Bishop, B., Anderson, C.W., 1990; Nehm & Ha, 2011). Dieser Begriff umfasst jedoch neben den intentionalen Vorstellungen häufig auch weitere, nicht fachlich angemessene Vorstellungen. Auch ist die Verwendung des Begriffs über die Studien

4 Ausgewählte Aspekte zum Thema Evolution

hinweg nicht stringent. Aus diesen Gründen wurde entschieden, diesen Begriff für die vorliegende Studie nicht zu verwenden.

4.2.1.3 Weitere Kategorien

Ultimate und proximate Vorstellungen Die Termini *ultimat* und *proximat* entstammen der Verhaltensbiologie. Die Unterscheidung wurde von Ernst Mayr (1961) eingeführt, der damit die Biologie in eine Funktionale Biologie, welche sich mit *proximaten* Ursachen beschäftigt, und eine Evolutionäre Biologie, welche sich den *ultimaten* Ursachen zuwendet, einteilt (Kampourakis & Zogza, 2008, 29). *Proximate* Ursachen werden als Wirkursachen des Verhaltens verstanden. Das Verhalten wird dabei genetischen, physiologischen, neuronalen und entwicklungsbiologischen Mechanismen zugeordnet. Die Frage ist hier, wie ein Verhalten ausgelöst wird und wie es funktioniert (Markl & Sadava, 2011, 1474). Ebenso werden die Außenreize berücksichtigt, die ein bestimmtes Verhalten auslösen (Campbell et al., 2009, 1340). Es stellt sich bei *proximaten* Ursachen die Frage nach dem „Wie?“. Diese Erklärungen sind daher dynamisch und individuell. (Kampourakis & Zogza, 2008, 29). Teleonomische Vorstellungen gehören damit ebenfalls zu den proximaten Vorstellungen (vgl. Abschnitt Teleologische Vorstellungen, 32). Den *proximaten* Ursachen gegenübergestellt finden sich die *ultimaten* Ursachen. Diese fragen nach dem Zweck, aufgrund dessen sie entstanden sind, also nach dem „Warum?“ (Mayr, 1961, 1502). Damit findet ein Bezug zu den Evolutionsprozessen statt, die zu einem bestimmten Verhalten geführt haben (Markl & Sadava, 2011, 1474). *Ultimate* Erklärungen sind statistische Erklärungen, die sich auf die Population beziehen (Kampourakis & Zogza, 2008, 29).

Im Rahmen dieser Arbeit werden die Erklärungen auch im Hinblick auf *ultimate* und *proximate* Ursachen einer Angepasstheit untersucht. *Proximate* Erklärungen sind demnach Erklärungen, die sich beispielsweise auf die Physiologie eines Lebewesens beziehen. Beispielsweise: Der Gepard kann schnell rennen, weil Geparde den dafür passenden Bewegungsapparat haben. *Ultimate* Erklärungen sind dagegen die Erklärungen, die eine Angepasstheit als Ergebnis eines Anpassungsprozesses sehen.

Lamarckistische Vorstellungen Vorstellungen, die dieser Kategorie zugeordnet werden können, beziehen sich auf den Gebrauch respektive Nichtgebrauch von Organen als Ursache für deren Veränderung. Es werden von den jeweiligen Autoren

4.2 Ausgewählte Forschungsergebnisse zu Schülervorstellungen von Anpassung und Auslese

Aussagen von Lamarck dahingehend interpretiert, dass ein Organ sich aufgrund von Gebrauch respektive Nichtgebrauch verändern und anpassen lässt. Lamarcks Theorien basieren jedoch auf einem mechanistischen Weltbild (vgl. Abschnitt *Teleologische Vorstellungen*, 32). Diese Anpassung durch *Gebrauch respektive Nichtgebrauch* findet stufenweise und sehr langsam beim jeweiligen Individuum statt. Das Maß des Gebrauchs von Organen wird von den Verhältnissen (Lebensbedingungen) und den Bedürfnissen von Individuen bestimmt (Weitzel, 2006, 46-49). Personen, deren Vorstellungen von Dritten als *lamarckistisch* definiert werden, ergänzen als weiteres Merkmal, dass die erworbenen Eigenschaften an die folgende Generation weitergegeben werden (u.a. Kampourakis & Zogza 2007). Die Vorstellung, dass jedes Individuum sich an die Umwelt anpassen kann, führt also dazu, dass der Prozess der Anpassung bei einzelnen Individuen erfolgt und der Populationsgedanke unnötig wird. Außerdem wird dadurch die Tatsache des Aussterbens von Arten überflüssig. In diesem Punkt korrespondiert die Definition von lamarckistischen Vorstellungen, wie sie beispielsweise von Kampourakis und Zogza (2007) verwendet wird, mit jener von Lamarck (Weitzel, 2006, 46). Von Lamarck selbst wurde diese Form der Anpassung ausschließlich für Tiere beschrieben. Bei Pflanzen verlaufe dieser Prozess anders, da diese keine Tätigkeiten durchführen könnten. Eine Anpassung von Pflanzen wurde bei ihm durch Hybridisierung nahe verwandter Arten erklärt (Weitzel, 2006, 48).

Kritik an der Bezeichnung *lamarckistische Vorstellungen* findet sich beispielsweise bei Kampourakis und Zogza (2007). Die Autoren zeigen dabei auf, dass die von Schülern geäußerten Vorstellungen und die historischen Vorstellungen von Lamarck nicht vollständig übereinstimmen. Dies kann im Besonderen daran aufgezeigt werden, dass bei Schülervorstellungen eine gezielte Veränderung von Merkmalen aufgrund einer Notwendigkeit eintritt. Lamarck jedoch beschreibt einen physiologischen Vorgang, der für eine verstärkte oder geringere Ausprägung von Merkmalen verantwortlich sei. Eine durch Notwendigkeit verursachte, zweckgerichtete Veränderung wird von ihm nicht benannt. Kampourakis und Zogza (2007) konnten in einer Studie zeigen, dass Schüler nicht präzise Lamarcks Theorie verwenden, sondern sich auf eine Anpassung aus Notwendigkeit begrenzen. Darüber hinaus führt Lamarcks Evolutionstheorie deutlich weiter (Weitzel, 2006) als die Vorstellungen, die oftmals als lamarckistisch bezeichnet werden. Demnach wäre der Terminus *Lamarckismus* für diese Vorstellungen nicht treffend, auch wenn er sich in zahlreichen Studien durchgesetzt hat (Fischer, 2014, 29).

In dieser Arbeit wird aufgrund der von Kampourakis und Zogza (2007) geäußerten

4 Ausgewählte Aspekte zum Thema Evolution

Kritik darauf verzichtet, diese Vorstellungen als *lamarckistisch* zu bezeichnen. Vorstellungen, die von einer Veränderung aufgrund von Gebrauch respektive Nichtgebrauch ausgehen, werden in dieser Studie auch als solche benannt und nicht als *lamarckistisch* betitelt. Sie sind jedoch abzugrenzen von den *intentionalen Vorstellungen*, bei denen die Absicht im Fokus steht.

4.2.2 Forschungsstand Schülervorstellungen zu Anpassung und Auslese

Bis zum heutigen Tag wurden in zahlreichen Studien Vorstellungen und Einstellungen zu Evolution erhoben. Im folgenden Abschnitt sollen Ergebnisse ausgewählter Forschungsarbeiten dargestellt werden. Die Auswahl erfolgte im Hinblick auf die Relevanz für diese Studie und soll aufzeigen, mit welchen Vorstellungen und Antwortmustern bei Schülern zu rechnen ist. Eine ausführliche Zusammenfassung zu Studien zu Anpassung findet sich bei Weitzel (2006).

Die Studien wurden im Hinblick auf die folgenden Fragestellungen analysiert und nach Möglichkeit dahingehend strukturiert dargestellt.

- In welchem Jahr und mit welcher Stichprobe wurde die Untersuchung durchgeführt?
- Mit welcher Methode wurden die Daten erhoben?
- Welche Vorstellungen äußerten die Untersuchungsteilnehmer bezüglich den Voraussetzungen, Mechanismen und Eigenheiten von Anpassung und Auslese (1) und welche alternativen Erklärungen (2) für Anpassungsprozesse werden beschrieben?

Deadman und Kelly (1978) befragten mithilfe von Einzelinterviews 52 Schüler im Alter von 11 bis 14 Jahren, die noch keinen Unterricht zu Evolution erhalten hatten, zu ihren Vorstellungen zu Evolution und Vererbung. Die Ergebnisse werden von den Autoren sieben Kategorien zugeordnet. Alle teilnehmenden Schüler gingen von einer Entwicklung der Lebewesen aus ((1) Evolution als Phänomen). Die meisten nahmen jedoch an, dass die Umwelt einen entscheidenden Einfluss auf diese Veränderung nimmt ((2) Gründe für Evolution). Dabei wird von den Autoren unterschieden zwischen naturalistischen und umweltbedingten Begründungen. Vorstellungen, die die

4.2 Ausgewählte Forschungsergebnisse zu Schülervorstellungen von Anpassung und Auslese

Notwendigkeit einer Änderung, den Wunsch nach Änderung und einer nicht näher erläuterten Vervollkommnungstrieb beinhalten, werden der Kategorie naturalistische Erklärungen zugeteilt. Umweltbedingte Begründungen verknüpfen die Entwicklung von Lebewesen direkt mit einer Umweltveränderung. Die Schüler trennen Prozess und Ursache einer Veränderung nicht voneinander. Ein Nennen exemplarischer Belege für evolutionäre Änderungen war möglich, jedoch konnten die Schüler generell keine Erklärungsmuster beschreiben ((3) Prozess der Veränderung). Anpassung ist für die Befragten etwas, das naturgemäß einfach passiert ((4) Anpassung). Daher werden mögliche Gründe für eine adaptive Entwicklung in den Fokus gerückt und der Prozess in den Erklärungen vernachlässigt. Der Prozess selbst wird jedoch als fortschreitende Änderung innerhalb der Art beschrieben und damit als Versagen von weniger gut angepassten Individuen. Erklärungen, die Selektion beinhalten bleiben meist auf einer inter-spezifischen Ebene ((5) Selektion). Dabei wird jedoch mehr das Überleben einer Art bedacht als das mögliche Aussterben. Nur wenige Schüler erkannten die Bedeutung des Zufalls für den Evolutionsprozess ((6) Zufall). Das Verständnis von Vererbung ist dadurch geprägt, dass diese als Weitergabe von Merkmalen von einer Generation zu nächsten verstanden wird. Auch hier können sie den Mechanismus, der der Vererbung zugrunde liegt nicht beschreiben. ((7) Vererbung). Die Rolle der Variation in einer Population wird nicht erkannt. Das Auftreten neuer Merkmale kann nicht wissenschaftlich angemessen erklärt werden. Die Schüler wählten grundsätzlich Erklärungen, die sich auf ihre Alltagsvorstellungen bezogen und sich auch dort als viabel erwiesen haben. (Deadman, J. & Kelly, P., 1978)

Brumby (1979; 1984) untersuchte in zwei Studien die Vorstellungen von Studenten zu natürlicher Selektion. Die erste Untersuchung wurde mit britischen Studenten durchgeführt. Von den Studenten naturwissenschaftlicher Fächer hatten 47 Studenten einen Fortgeschrittenen-Leistungsschein (A-Level) in Biologie in ihrer Schulzeit erworben. In der zweiten Studie wählte Brumby 150 australische Medizinstudenten im ersten Semester. Die Untersuchung setzte sich aus zwei Teilen zusammen: Im ersten Teil erhielten die Studierenden drei Fragestellungen in Aufsatzform. In einer vierten Aufgabe wurden Prinzipien und Begriffe thematisiert, die den vorigen Aufgaben zugrunde lagen. Der zweite Teil setzte sich aus Multiple Choice Aufgaben zusammen, die jedoch inhaltlich dem ersten Teil entsprachen. Die Ergebnisse von Brumby zeigten, dass zwei Drittel der Studierenden ein eher mangelhaftes Verständnis von Selektion aufwiesen. Studierende mit einem höheren biologischen Hintergrundwissen (A-Level) schnitten besser (59 Prozent) ab, als die ohne A-Level (86 Prozent). 18

4 Ausgewählte Aspekte zum Thema Evolution

Prozent der Studenten mit A-Level argumentierten fachlich angemessen. Bei den Studierenden ohne A-Level waren es jedoch nur halb so viele. Es finden sich zahlreiche, nicht wissenschaftliche Vorstellungen in den Befunden. Eine vorhandene Variabilität der Individuen einer Art wurde nicht berücksichtigt. Die Anpassung wurde als notwendige Reaktion auf eine Änderung der Umwelt beschrieben. Mehrere Teilnehmer gingen davon aus, dass die Lebensspanne eines Individuums ein ausreichender Zeitraum für eine Anpassung sei. Gezielte Mutationen des Genoms wurden als mögliche Ursache für die Anpassung beschrieben. Auch gingen einige Studierenden davon aus, dass individuell erworbene Anpasstheit auf die Folgegeneration genetisch übertragbar wäre. Die Änderung der Merkmale wurde oftmals als graduelle Anpassung beschrieben. (Brumby, 1979, 1984)

Engel Clough und Wood-Robinson (1985) untersuchten die Vorstellungen von Anpassung bei 84 englischen Gesamtschülern im Alter von 12 bis 16 Jahren. Ziel der Studie war die Identifikation von häufiger vorkommender Vorstellungen zu Anpassung bei Schülern unterschiedlichen Alters. Die Befragung wurde mithilfe schriftlicher Tests und Einzelinterviews durchgeführt. In der ersten Aufgabe des Tests sollten die Schüler eine fiktive Beobachtung erklären. Dazu wurde beschrieben, dass es eine ungleiche Farbverteilung von Raupen auf verschieden gefärbten Bäumen gibt. Auf dunklen Bäumen finden sich meist dunkle Raupen, auf hellen Bäumen meist helle Raupen. Die Schüler sollten zusätzlich Prognosen treffen, was passieren würde, wenn die Farbe der Baumstämme sich ändern würde. In einer zweiten Aufgabe sollten die Schüler ihre Vorstellungen zu der Entstehung des Winterfells beim Polarfuchs beschreiben. Engel Clough und Wood-Robinson (1985) können fünf verschiedene Erklärungsmuster identifizieren. (1) Bei der Aufgabe mit den Raupen äußerten 12% der befragten Schüler fachlich akzeptable Vorstellungen, bei der Aufgabe mit dem Polarfuchs nur 10%. Deutlicher fällt der Unterschied zwischen den beiden Aufgaben bei der Vorstellung, dass sich Tiere bewusst und wohlüberlegt als Reaktion auf eine veränderte Umwelt adaptiv verändern (2), aus. Diese Vorstellung äußerten bei der Polarfuchs Aufgabe 16% der Schüler, bei der Aufgabe mit den Raupen nur 8%. Fast die Hälfte (43%) der Schüler wählt bei der Polarfuchs Aufgabe die Erklärung, dass eine adaptive Änderung aufgrund einer drängenden Notwendigkeit einer Änderung (3) eintritt. Bei den Raupen wählt jedoch kein einziger Schüler diese Erklärung. Anpassung als einen naturgegebenen Prozess, der eben abläuft (4) beschreiben 11% (Raupe) und 7% (Fuchs). Ein knappes Fünftel der Schüler wählen bei der Raupenaufgabe die Erklärung, dass die Raupen auf veränderte Umweltbedingungen reagieren, indem sie

4.2 Ausgewählte Forschungsergebnisse zu Schülervorstellungen von Anpassung und Auslese

eine für sie günstigere Umgebung aufsuchen (5). Diese Erklärung kann jedoch bei der Fuchsaufgabe nur bei einem Prozent der Schüler identifiziert werden. Darüber hinausgehend konnten ungefähr die Hälfte der Antworten zur Raupenaufgabe und etwa ein Viertel zum Polarfuchs nicht kodiert werden. Dazu gehören auch tautologische Antworten. Daraus leiten Engel Clough und Wood-Robinson (1985) ab, dass Anpassung für die meisten Schüler der Sekundarstufe I ein schwierig zu verstehendes Thema sein könnte. Zusätzlich zeigt sich in dieser Studie noch ein Alterseffekt. Zwischen 12 und 14 Jahren entwickeln sich die Antworten der Schüler so gut wie gar nicht in eine fachlich angemessene Richtung. Jedoch kann im Alter von 12 auf 14 Jahren ein deutlicher Sprung in Richtung fachlicher Erklärungen ausgemacht werden (Raupe: 33% zu 12%, Polarfuchs: 26% zu 10%). (Engel Clough & Wood-Robinson, 1985)

Jimenez-Aleixandra und Fernandez Perez (1987) befragten Biologiestudenten zu ihren alternativen Vorstellungen von Anpassung. Im Fokus stand die argumentative Konsistenz der Antworten, sowie geschlechtsspezifische Unterschiede in dieser. Dafür wurden drei Aufgaben verwendet, die von den Probanden schriftlich zu beantworten waren. Die ersten beiden Aufgaben beinhalten die Frage nach der Entwicklung von Resistenzen, die dritte Aufgabe beschäftigt sich mit Weissmanns Experiment zur Schwanzkürzung von Mäusen. Diese Aufgabe wird weitergeführt mit der Frage, ob ein Beutegreifer Einfluss auf die Schwanzentwicklung nehmen könnte. Die Auswertung erfolgte mit einer Kategorisierung der Erklärungen. Dazu wurden drei Kategorien gewählt, die sich gegenseitig ausschließen sollten. Kategorie eins beinhaltet fachlich angemessene Antworten, Kategorie zwei solche, die von einer Anpassung von Individuen ausgingen. Alle anderen möglichen Antworten wurden Kategorie drei zugewiesen. Die Kategorie zwei wurde folgendermaßen definiert: (1) eine genetische Veränderung kann durch die Umwelt ausgelöst werden, (2) Lebewesen können sich an eine Substanz gewöhnen und (3) Lebewesen werden immun gegen eine Substanz. Knapp 60 Prozent der untersuchten Biologiestudenten konnten bei der Mäuse Aufgabe fachlich angemessene Antworten geben. Bei den anderen beiden Aufgaben zur Resistenzentwicklung konnten deutlich weniger Probanden fachlich angemessen antworten. Bei Aufgabe eins (Antibiotika) waren es nur knapp 50% und bei Aufgabe 2 (Insektizidresistenz) nur 31%. Der Kategorie *Anpassung von Individuen* wurden bei der Aufgabe zur Insektizidresistenz zwei Drittel der Antworten zugeordnet. Die Erklärungen der beiden anderen Aufgaben wurden zu etwa 36% dieser Kategorie zugeordnet. Dabei ist die Vorstellung, dass eine individuelle Gewöhnung der Individuen zur Anpassung führt die häufigst genutzte Erklärung bei allen drei Aufgaben.

4 Ausgewählte Aspekte zum Thema Evolution

Jimenez-Aleixandre und Fernandez Perez (1987) stellen darüber hinaus fest, dass sich hohe Korrelationen zwischen den Antworten auf die unterschiedlichen Aufgaben finden, wenn diese als ähnlich wahrgenommen werden. Sie schließen daher daraus, dass die Probanden „ad hoc“ Vorstellungen zu den Aufgaben entwickeln. (Jimenez-Aleixandre & Fernandez Perez, 1987)

Halldén (1988) erhob über teilnehmende Beobachtung, schriftliche Tests und zwei Gruppeninterviews Vorstellungen von Evolution bei schwedischen Schülern der elften Klasse. Vorstellungen von Anpassungen charakterisieren das Evolutionsverständnis der Befragten. Dabei liegt der Fokus häufig auf dem Überleben einer Art und der Folge, dass nicht angepasste Arten aussterben. Manche Schüler sahen bei der Anpassung die Natur als treibende Kraft, die finalistisch auf die beste Lösung hin arbeitet. Andere argumentierten mit einer Absicht zur Anpassung, was bedeuten würde, dass beispielsweise gezielte Kreuzungen zu Veränderung der Arten führen. Sofern Schüler den Terminus Mutation verwendeten, gingen sie von einem lang andauernden und graduellen Prozess aus. Selektion wurde von den untersuchten Schülern in erster Linie als Auslöschung verstanden und damit als Ergebnis einer mangelnden Anpassung. Die Variation in der Population als Basis von Selektion wurde dabei von den Schülern nicht berücksichtigt. Sie differenzieren bei ihrer Argumentation nicht ausreichend zwischen Art und Individuum. Sie blieben bei ihren Ausführungen in der Regel auf der Ebene der Art, die sich als die Summe der Zahl ihrer Einzelmitglieder definiert. Nach Halldén (1988) liegt darin der Grund für eine Personifizierung des Terminus Art, woraus folgt, dass es Schülern erleichtert wird, individuelle Anpassungen mit evolutionären Anpassungen gleichzusetzen. Damit wird Anpassung als einheitlicher Prozess aller Individuen einer Art generalisiert. Die Verbindung zwischen Genotyp und Phänotyp bleibt eine Hauptschwierigkeit der Schüler. (Halldén, 1988)

Bishop und Anderson (1990) untersuchten bei 100 amerikanischen College Studenten neben den Vorstellungen zu Natürlicher Selektion auch den Einfluss von Unterricht auf die Veränderung jener. Des Weiteren sollte geklärt werden, welchen Einfluss der Glaube an die Evolutionstheorie auf Vorstellungen zu Evolution nehmen kann. Dafür wurde ein Prä-Post-Design verwendet. Das Testverfahren beinhaltete sowohl Multiple Choice Aufgaben, als auch Aufgaben mit offener Antwortmöglichkeit. Alle Aufgaben wurden schriftlich beantwortet. Es wurde darüber hinaus erhoben, inwiefern die Probanden an die Evolutionstheorie glaubten und wie viele Kurse in Biologie sie absolviert hatten. Einige Studenten wurden auch interviewt. Bishop und Ander-

4.2 Ausgewählte Forschungsergebnisse zu Schülervorstellungen von Anpassung und Auslese

son (1990) fanden einige Vorstellungen, die von fachlich angemessenen Vorstellungen abweichen und nannten diese *naive Vorstellungen*. Ein Wandel erfolgt demnach in einem einstufigen graduellen Prozess, der durch die Umwelt beeinflusst wird. Dieser Umwelteinfluss manifestiert sich in der Überlebensnotwendigkeit (a), Gebrauch beziehungsweise Nichtgebrauch von Organen (b) und einer individuellen Anpassung an ein durch die Umwelt vorgegebenes Ziel (c). Erworbene Merkmale werden an die Nachkommen weitervererbt. Variabilität wird von den Studenten nicht beschrieben oder genutzt. Der Umfang des erlebten Biologieunterrichts hat keinen oder nur einen sehr geringen Einfluss auf die Vorstellungen der Studenten. Es zeigt sich auch kein Zusammenhang zwischen den geäußerten Vorstellungen und dem Glauben an die Evolutionstheorie. (Bishop, B. , Anderson, C.W., 1990)

Samarapungavan und Wiers (1995) untersuchten 35 neun- und zwölfjährige Schüler mithilfe eines halbstrukturierten Fragebogens zu ihren Vorstellungen zur Entstehung der Arten. Die Interviews wurden mit einzelnen Kindern durchgeführt und dauerten ungefähr 50 Minuten. 28 Kinder äußerten konsistente Vorstellungen. Diese Kinder konnten folgenden Kategorien zugeordnet werden: Essentialisten (9 Schüler), Dinosaurier-Essentialisten (8), Spontanzeugung (5), Kreationisten (3) und Lamarckisten (3). Die anderen Probanden äußerten inkonsistente Vorstellungen. Essentialisten glauben daran, dass alle Arten immer schon existent waren und unveränderlich sind. Dinosaurier-Essentialisten gehen davon aus, dass zu Beginn die Erde von Dinosaurier-Vorfahren der heutigen Arten bevölkert wurde. Diese veränderten sich aufgrund einer veränderten Umwelt. Daraus entwickelten sich die heutigen Lebewesen. Die Kinder, die der Kategorie Spontanzeugung zugeordnet wurden äußerten die Vorstellung, dass das Leben spontan aus zuvor unbelebter Materie entstanden ist. Kreationisten sehen den Ursprung der Arten in der Schöpfung durch einen Gott. Lamarckisten glauben, dass die Arten nicht immer schon existiert haben und neue Arten aus gemeinsamen Vorfahren entstanden sind. Aufgrund eines Anpassungsdrucks haben sie sich weiterentwickelt. Diese Modifizierung entsteht durch Nutzung beispielsweise des benötigten Organs. Die Arten, die sich nicht schnell genug angepasst haben, sind ausgestorben. (Samarapungavan & Wiers, 1997)

Palmer (1996) untersuchte 74 Schüler der Jahrgangsstufe zehn mithilfe von Einzelinterviews, um herauszufinden, ob die Einteilung der gewählten Organismen nach *lebendig* oder *nicht lebendig* das Antwortverhalten der Schüler bei der Beschreibung der Anpasstheiten beeinflusst. Es zeigte sich, dass die Schüler Pflanzen nicht als

4 Ausgewählte Aspekte zum Thema Evolution

lebendige Wesen einstufen und deshalb Schwierigkeiten haben, die Angepasstheit von Pflanzen zu erkennen. Am häufigsten wurden Vertebraten als *lebendig* eingestuft und bezüglich ihrer Angepasstheit verwendet. Desweiteren zeigte sich, dass die Schüler nicht dazu in der Lage waren, zwischen dem wissenschaftlichen Verständnis von *Anpassung* und *anpassen* und dem lebensweltlichen Konzept zu differenzieren.

Baalmann et al. (2004) entwickelten Denkfiguren, die auf zehn Leitfrageninterviews mit Oberstufenschülern basieren. Die Interviews wurden auf Basis der Theorie des erfahrungsbasierten Verstehens ausgewertet und interpretiert. Es konnten in dieser Studie drei prominente Denkfiguren beschrieben werden. In der Denkfigur „Gezieltes adaptives Handeln von Individuen“ (Denkfigur 1) wird eine Anpassung durch absichtsvolles und zielgerichtetes Handeln von Lebewesen beschrieben. Die zweite Denkfigur „Adaptive körperliche Umstellung“ beinhaltet adaptive körperliche Veränderungen und Neubildungen durch Reaktion der Organismen auf die Lebensbedingungen (Denkfigur 2). Eine „Absichtsvolle genetische Transmutation“ (Denkfigur 3) beschreibt, dass das genetische Material vom Organismus zum Zweck der Anpassung verändert wird. Es zeigt sich, dass Schüler Anpassung im Sinne einer lebensweltlichen Vorstellung verstehen. Die vorgefundenen intentionalen und finalen Vorstellungen sind damit nicht Produkt einer ungenauen Sprechweise, sondern die Basis, auf der sich Lernen vollzieht. (Baalmann, W., Frerichs, V., Weitzel, H., Gropengießer H. & Kattmann, U., 2004)

Ha, Lee und Cha (2006) verwendeten forced-choice items um mutmaßliche Unterschiede bei der Verwendung verschiedener Aufgabenkontexte zu untersuchen. Sie fanden einigermaßen vorhersagbare Muster. Gebrauch/Nichtgebrauch und Intentionalität wurden signifikant häufiger gewählt, wenn in den Items Menschen oder Tiere als Beispiele verwendet wurden. Bei der Verwendung von Pflanzen wurde eine signifikant höhere Anzahl an teleologischen Erklärungen verwendet. (Ha, M., Lee, J.K., & Cha, H.Y., 2006)

Kampourakis und Zogza (2008) untersuchten die vorunterrichtlichen Vorstellungen von 98 Schülern im Alter von 14-15 Jahren zu Homologien und Anpassung. Dafür verwendeten sie einen offenen Fragebogen und semi-strukturierte Interviews. Ein Teil der verwendeten Aufgaben bezog sich auf die Homologien und verlangte die gemeinsame Abstammung als Erklärung (*Aufgabe 1: Warum Wolf, Hund und Fuchs Ähnlichkeiten aufweisen* und *Aufgabe 5: Warum alle Lebewesen aus Zellen bestehen*). Ein

4.2 Ausgewählte Forschungsergebnisse zu Schülervorstellungen von Anpassung und Auslese

anderer Teil der Aufgaben zielte auf Anpassung und damit auf die Natürliche Selektion (Aufgabe 2,3 und 4) ab. Bei der Auswertung erfolgte eine Gruppierung der Aufgaben anhand der Ähnlichkeit. Aufgrund dieser Auswertung wurden 15 Schüler ausgewählt, die im Rahmen eines Interviews detaillierter befragt wurden. Kampourakis und Zogza (2008) konnten zeigen, dass viele Schüler evolutionäre Anpassung als Ergebnis willentlicher oder absichtlicher Anpassung verstehen.

Beim Vergleich der Aufgaben zeigten sich jedoch Unterschiede in den Erklärungsmustern. Bei näherer Betrachtung von Aufgabe 1 und 5 (Homologien und gemeinsame Abstammung) zeigt sich, dass 40 Untersuchungsteilnehmer evolutionäre Erklärungen für Aufgabe 1 verwendeten, jedoch nur 21 bei Aufgabe 5. Teleologische Erklärungen wurden bei Aufgabe 1 von 22 Studenten gewählt, bei Aufgabe 5 jedoch von 63. Daraus leiten Kampourakis und Zogza (2008) die Vermutung ab, dass unterschiedlich gewählte Lebewesen in den Aufgaben zu der unterschiedlichen Beantwortung geführt haben könnten und dass die Ursache nicht im Verständnis der Schüler vom Konzept der gemeinsamen Abstammung liegt.

Aufgabe 1 (Wölfe, Hunde, Füchse) bezieht sich auf Lebewesen, die eine höhere Nähe zum Menschen für die Schüler aufweisen könnten. Bei Aufgabe 2 (Bakterien, Protisten, Pilze, Pflanzen und Tiere) wählten nur zwei Schüler Erklärungen, die auf natürlicher Selektion beruhen. Bei Aufgabe 4 (Vorkommen von grünen und braunen Käfern, Vögel können grüne Käfer besser sehen) finden sich jedoch mehr Erklärungen, die den Mechanismus der Natürlichen Selektion nutzen. Es zeigt sich, dass abhängig von der Aufgabe unterschiedliche Erklärungen bevorzugt werden. Teleologische Erklärungen finden sich in höherer Anzahl in Aufgabe 2, abnehmend in Aufgabe 3 und am seltensten in Aufgabe 4.

Aufgabe 4 unterscheidet sich von den anderen Aufgaben unter anderem darin, dass mehr Informationen gegeben wurden (Hinweis auf Variation, Hinweis auf Auslese durch Jäger, Veränderung der Population). Daraus leiten Kampourakis und Zogza (2008) ab, dass die Menge der gegebenen Informationen einen Einfluss auf das Antwortverhalten haben könnte. Umso weniger Informationen gegeben werden, umso mehr teleologische Erklärungen lassen sich finden. Es werden jedoch mehr proximate Erklärungen gegeben, wenn Anfangs- und Endzustand eines evolutionären Prozesses beschrieben werden. Evolutionäre Erklärungen können am häufigsten in Aufgabe 4 gefunden werden. (Kampourakis & Zogza, 2008)

Nehm und Ha (2011) untersuchten über 200 Biologiestudenten zu Beginn ihres Studiums zu ihren Vorstellungen zu Evolution und möglichen Kontexteffekten. Dafür

4 Ausgewählte Aspekte zum Thema Evolution

wurden vier Hypothesen aufgestellt und getestet, die mögliche Aufgabenkontexteffekte berücksichtigten. Die vier von Nehm und Ha (2011) untersuchten Hypothesen sind:

- Aufgaben, die intraspezifische Beispiele enthalten, führen zu einer höheren Nennung von wissenschaftlich angemessenen Konzepten (*key concepts*). (1)
- Aufgaben, die interspezifische Beispiele enthalten, führen zu einer höheren Nennung von lebensweltlichen Vorstellungen (*naive ideas*) oder Fehlvorstellungen (*misconceptions*). (2)
- Aufgaben, die intraspezifische Beispiele und einen Merkmalszugewinn beschreiben, führen zu einer höheren Nennung von wissenschaftlich angemessenen Konzepten. (3)
- Aufgaben, die interspezifische Beispiele und einen Merkmalsverlust beschreiben, führen zu einer höheren Nennung von lebensweltlichen Vorstellungen oder Fehlvorstellungen. (4)

Zum Einsatz kamen zwölf Items, die bezüglich Taxon, Merkmal und Ebene (Populationsebene oder Individualebene) standardisiert wurden. Die Antworten wurden kategorisiert und damit unterschieden in lebensweltliche *naive* Antworten (beeinhaltet z.B. Gebrauch-Nichtgebrauch) und wissenschaftlich angemessene Konzepte (diese werden als *key concepts* ⁶ bezeichnet). Es zeigte sich, dass Aufgaben, die das Verschwinden eines Merkmals beinhalten, zu einer höheren Anzahl an *naiven* Vorstellungen führen. Beim Zugewinn eines Merkmals werden mehr *key concepts* verwendet. Aufgaben die einen interspezifischen evolutionären Wandel beschrieben, unabhängig vom Zugewinn oder Wegfall eines Merkmals und unabhängig davon ob es sich um Pflanzen oder Tiere handelt, produzieren immer signifikant mehr *lebensweltliche* Antworten. Aufgaben mit intraspezifischen Kontexten führen zu einer höheren Nennung von *key concepts*. (Nehm & Ha, 2011)

In einer explorativen Studie (Betzitza 2013) hat sich gezeigt, dass Schüler bei bestimmten Aufgabenkontexten wahrscheinlicher bestimmte Erklärungen wählen. Für die Untersuchung wurden Gruppendiskussionen mit jeweils drei Schülern der 8. und

⁶Nehm & Schonfeld (2010) beschreiben *key concepts*, die ein Minimum für das Erklären von evolutionären Wandel darstellen. Diese *key concepts* sind (1) die Anwesenheit von Variation, (2) die Ererblichkeit von Variation und (3) das unterschiedliche Überleben oder der unterschiedliche Fortpflanzungserfolg von Individuen.

4.2 Ausgewählte Forschungsergebnisse zu Schülervorstellungen von Anpassung und Auslese

9.Jahrgangsstufen der Werkrealschule, Realschule und des Gymnasiums durchgeführt (N=36). Die Schüler verfügten über keine unterrichtsbasierten Vorkenntnisse zum Themengebiet Evolution. Die Untersuchungsteilnehmer bearbeiteten gemeinsam jeweils ein dafür entwickeltes Aufgabenset mit einer isolierten Kontextfacette mündlich. Die Gruppendiskussionen wurden videographiert und anschließend mithilfe der qualitativen Inhaltsanalyse ausgewertet. Erklärungen, die der Kategorie „Auslese“ zugeordnet werden konnten, wurden deutlich häufiger bei Aufgaben mit Variation in Populationen gewählt als in der Vergleichsgruppe, die keinen Hinweis auf Variation erhalten hatte. Hinweise auf den Einfluss weiterer Kontextfacetten konnten in dieser Studie ebenfalls gefunden werden. (Betzitza, U. & Weitzel, H., 2014)

Brennecke (2015) erhob mithilfe einer Fragebogenstudie mit geschlossenen Items die Vorstellungen zu Evolution von 117 Schülern der Jahrgangsstufe 7 eines deutschen Gymnasiums. Zur Auswertung verwendete sie die Denkfiguren von Baalman et al. (2008) und Weitzel und Gropengießer (2009). Dabei zeigte sich, dass manche Aufgaben zu einer höheren Nennung bestimmter Denkfiguren führten. Denkfigur 4 (Anpassung aufgrund von Unterschiedlichkeit und Auslese) wurde am häufigsten bei der Aufgabe genannt, die sich mit der Veränderung der Halslänge bei Giraffen beschäftigte. Am seltensten wurde diese Denkfigur bei der Aufgabe mit den Venusfliegenfallen verwendet. Weniger als 6% der Schüler wendeten eine Denkfigur konsistent über alle Aufgaben hinweg an. Brennecke begründet das damit, dass diese Schüler eine noch nicht gefestigte Vorstellung der evolutionären Anpassung haben und damit ihr Wissen ad hoc abhängig von der Aufgabe bilden. Brennecke konnte zusätzlich zeigen, dass die Probanden bei bekannten und zoologischen Beispielen differenziertere Antworten gaben, als bei unbekannten und botanischen Beispielen. Intentionale Vorstellungen wurden von den Probanden bei botanischen Beispielen seltener beschrieben. (Brennecke, 2014)

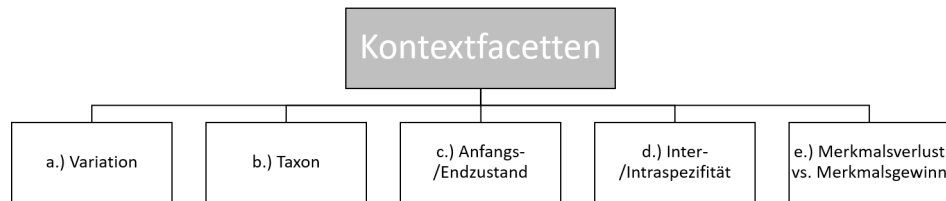


Abbildung 4.2: Zusammenfassung der beschriebenen Kontextfacetten

4.2.3 Kontexte und mögliche Effekte auf Schülervorstellungen

Erkenntnisse aus unterschiedlichen Wissenschaftsdisziplinen wie der Kognitionspsychologie, der Kognitionslinguistik oder auch den Naturwissenschaftsididaktiken zeigen, dass eine nicht kontrollierte Mischung von Aufgabenmerkmalen und Aufgabenkontexten zu teilweise erheblichen Abweichungen in den von den Schülern genannten Erklärungen zu einem Phänomen führt, die als Artefakte der Aufgaben gedeutet werden können (Nehm & Ha, 2011). Aufgabenkontexte können demnach das Antwortverhalten der Probanden und die Kohärenz der Erklärungen beeinflussen (Kampourakis & Zogza, 2008; Nehm & Ha, 2011). Dennoch sind im Bereich der Biologiedidaktik nur sehr wenige empirische Arbeiten zu finden, die sich mit der Frage beschäftigen, in welcher Weise und aus welchen Gründen Schüler dazu tendieren, eher alternative oder wissenschaftliche Vorstellungen in einem bestimmten Aufgabenkontext abzurufen (Nehm & Ha, 2011). Die Zusammenfassung verschiedener Studien im vorigen Kapitel zeigt, dass in zahlreichen Studien Hinweise auf mögliche Kontexteffekte gefunden werden können. Nehm und Ha (2011) weisen jedoch darauf hin, dass diese Studien versäumt haben, mögliche Aufgabenkontexteffekte zu kontrollieren. Folgend sollen solche möglichen Kontexteffekte aufgezeigt werden (vgl. Abbildung 4.2.).

Aufgrund der Ergebnisse der Studien von Kampourakis und Zogza (2008) und Nehmen und Ha (2011) wird vermutet, dass manche Aufgabenkontexte wahrscheinlicher lebensweltlich orientierte Erklärungen erzeugen, andere jedoch wahrscheinlicher Erklärungen hervorrufen, die eine höhere Nähe zu wissenschaftlichen Erklärungen haben. Bei Betzitza (2013) zeigt sich, dass der Hinweis auf die Individualität (**a. Variation**) von Lebewesen ein lebensweltliches Konzept von Auslese begünstigt. Dieses le-

4.2 Ausgewählte Forschungsergebnisse zu Schülervorstellungen von Anpassung und Auslese

bensweltliche Konzept von Auslese weist eine gewisse Nähe zum wissenschaftlichen Selektionskonzept auf. Durch die Analyse der Studien von Kampourakis und Zogza (2008) und von Nehm und Ha (2011) wurden weitere Hinweise darauf gefunden, dass die Beschreibung von Variation im Aufgabenkontext fachliche Vorstellungen begünstigt. Kampourakis und Zogza (2008) vermuten anhand ihrer Untersuchungen, dass eine größere Informationsmenge fachlich angemessene Erklärungen begünstigt. Dies wird von den Autoren daraus abgeleitet, dass in ihrer Aufgabe mit der höchsten Anzahl an Informationen auch am häufigsten fachlich angemessene Erklärungen gegeben wurden. Diese Aufgabe von Kampourakis und Zogza (2008) wurde daher für vorliegende Studie genauer analysiert und es konnte ein Hinweis auf Variation in der Population identifiziert werden (*es gibt sowohl braune als auch grüne Käfer*). Darüber hinaus konnte ein Hinweis auf eine Auslese durch einen Räuber gefunden werden (*Vögel können die grünen Käfer auf dem Untergrund besser sehen als die braunen Käfer*). Daraus wurde für diese Studie abgeleitet, dass der Hinweis auf die Variation (und die damit verbundene Auslese) fachlich angemessene Erklärungen begünstigen könnte. Nehm und Ha (2011) fanden heraus, dass Aufgaben die intraspezifische Variation andeuten zu einer höheren Nennung von wissenschaftlich angemessenen Konzepten (*key concepts*) (vgl. Abschnitt Forschungsstand, 48) führen. Eine nähere Untersuchung der von Nehm et al. (2012) verwendeten Items zeigt, dass intraspezifische Beispiele die Variation in der Population beinhalten (Nehm, Beggrow, Opfer & Ha, 2012). Dies soll an einem Beispiel aus dem von Nehm et al. (2012) entwickelten ACORNS Instrument aufgezeigt werden: *Some individuals of rose have thorns. How would biologists explain how some individuals of rose with thorns originated within a population of rose species that lacked thorns?* Dass manche Rosen Dornen haben, impliziert auch, dass manche Rosen keine Dornen haben. Der Zusatz *individuals* zeigt auf, dass es keine Unterschiede zwischen Arten sind, sondern innerhalb einer Population Individuen existieren, bei denen dieses Merkmal unterschiedlich ausgebildet ist. Es existiert also eine intraspezifische Variation.

Bei Engel-Clough und Wood-Robinson (1985), Ha, Lee und Cha (2006) wie auch bei Brennecke (2014) findet sich der Hinweis darauf, dass die gewählten **Taxa (b)** eine Rolle bei der Beantwortung der Aufgaben spielen. Ha, Lee und Cha (2006) zeigen, dass die Anzahl teleologischer Antworten bei Aufgaben mit Pflanzen signifikant höher ist als bei Aufgaben mit Tieren und Menschen. Bei Tieren und Menschen werden jedoch signifikant häufiger die Kategorien *Gebrauch/Nichtgebrauch* oder *Intentionalität* (vgl. Kapitel 4.2.1.) gewählt. Eine bewusste und wohlüberlegte aktive Änderung

4 Ausgewählte Aspekte zum Thema Evolution

zum Zweck der Anpassung wird bei Engel-Clough und Wood-Robinson (1985) von den untersuchten Probanden wahrscheinlicher dem Polarfuchs als der Raupe zugeschrieben. Brennecke (2014) konnte bei botanischen Beispielen seltener intentionale Vorstellungen finden als bei zoologischen. Bei zoologischen Beispielen waren bei Brennecke (2014) die Schülerantworten jedoch differenzierter und es konnten mehr Fehlvorstellungen beobachtet werden, wie beispielsweise, dass der Gebrauch der Organe zu ihrer Anpassung führe (*Gebraucht/Nichtgebrauch*).

Ein möglicher Einfluss der Nennung des **Anfangs- und Endzustandes (c)** eines evolutionären Prozesses auf das Antwortverhalten von SchülerInnen wird von Kampourakis und Zogza (2008) beschrieben. Bei dieser Studie lassen sich mehr proximate Erklärungen finden, wenn Anfangs- und Endzustand gegeben sind. Dies zeigt sich auch bei dem bereits beschriebenen Beispiel aus dieser Studie. Die Aufgabe beinhaltet neben dem Hinweis auf die Variation (es gibt braune und grüne Käfer) und einem Selektionsdruck auch die Aussage darüber, wie die Population sich verändert hat. Damit wurde der Anfangs- und Endzustand der evolutionären Änderung beschrieben (*Früher wurden die Käfer im gleichen Verhältnis im Wald gefunden, heute finden wir vor allem braune Käfer*).

Nehm und Ha (2011) untersuchten direkt den Einfluss **inter- oder intraspezifischer Beispiele (d)** in Aufgaben und konnten zeigen, dass intraspezifische Beispiele mehr fachlich angemessene Antworten begünstigen, interspezifische Beispiele jedoch das Auftreten lebensweltlich orientierter Erklärungen. Des Weiteren konnten Nehm und Ha (2011) zeigen, dass Aufgaben, die den Verlust eines Merkmals beinhalten wahrscheinlicher lebensweltlich orientierte Erklärungen provozieren. Aufgaben die den Gewinn eines Merkmals beschreiben begünstigen eher wissenschaftlich angemessene Erklärungen (**e.Merkmalverlust/-gewinn**).

4.2.4 Idealisierte kognitive Modelle zu Anpassung und Auslese

Weitzel und Gropengießer (2009) bedienen sich der Theorie des erfahrungsbasierten Verstehens, um kognitive Modelle des lebensweltlichen Verständnisses eines Anpassungsprozesses zu entwickeln. Diesen Modellen nach gründet der Anpassungsprozess auf vier Elementen:

1. Das Anzupassende, das an ein Maß angepasst werden soll.

4.2 Ausgewählte Forschungsergebnisse zu Schülervorstellungen von Anpassung und Auslese

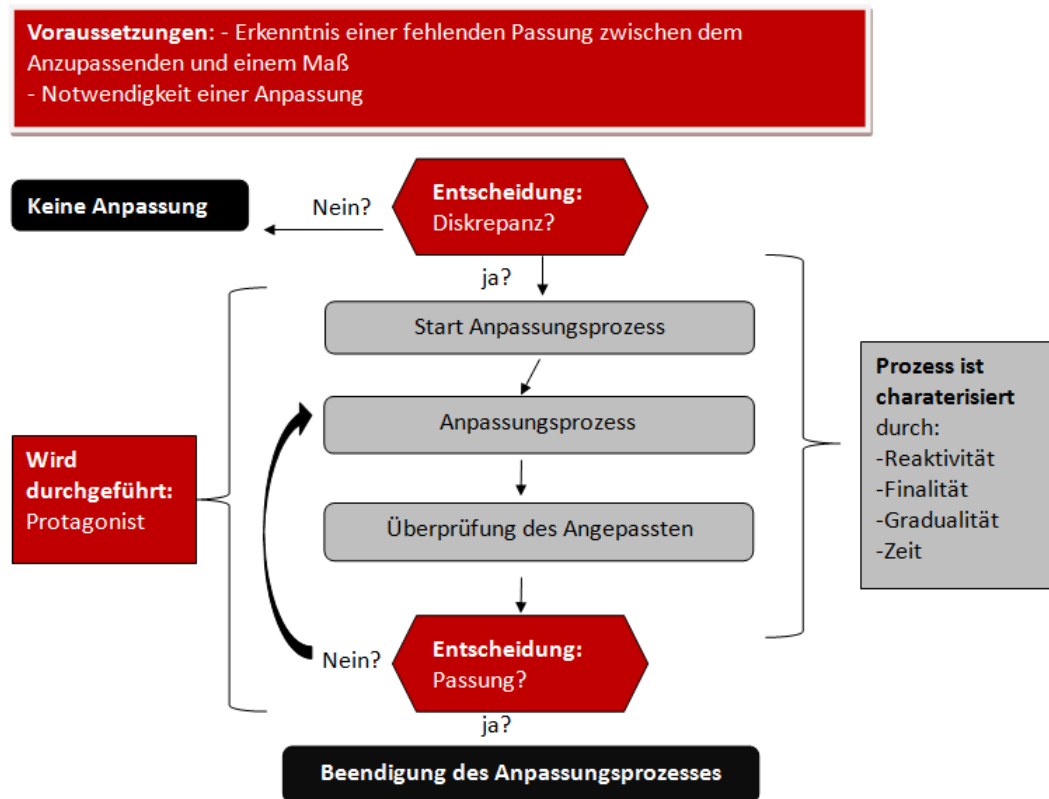


Abbildung 4.3: Modell der gezielten Gegenstandsanpassung

2. Ein Maß, an das das Anzupassende anzupassen ist.
3. Den Anpassungsprozess. Dieser ist in drei Teile unterteilt: Die Bearbeitung des Anzupassenden, seiner Prüfung auf Passung und der Entscheidung, ob das Anzupassende zum Maß passt oder nicht. Erfolgt die Entscheidung auf Nichtpassung, wird der Anpassungsprozess wiederholt.
4. Das Angepasste, das nach einem Bearbeitungsprozess zum Maß passt (vgl. Abbildung 4.3.).

Dieses in der Regel unbewusste Schema folgt einer inhärenten Logik. Aus dieser Logik lassen sich mehrere Folgerungen ableiten:

- Das Angepasste entsteht immer aus dem Anzupassenden. Zwischen den beiden

4 Ausgewählte Aspekte zum Thema Evolution

gibt es einen Unterschied bezüglich ihrer Form, jedoch besteht zwischen ihnen eine direkte materielle Kontinuität.

- Die Anpassung wird als Handlung verstanden. Damit besteht dieser Anpassungsprozess aus den Elementen Start, Ende, einem oder mehreren Handlungsschritten und einer zeitlichen Ausdehnung.
- Da Handlungen von Akteuren ausgeführt werden, bedarf es eines Akteurs. Dieser Akteur verfügt über die Fähigkeit, eine Situation (bewusst oder unbewusst) zu erkennen, kann entscheiden, ob es notwendig ist, eine Handlung durchzuführen und bestimmt das Ziel, auf das die Handlung ausgerichtet ist.
- Dabei kann der Akteur auch zum anzupassenden Gegenstand werden. Damit ist ein Teil des Akteurs das Anzupassende und das Angepasste ein veränderter Akteur. (Weitzel, H. & Gropengießer, H, 2009, 292-294)

Für einen Anpassungsprozess ist eine Reihe von Voraussetzungen notwendig. Zunächst muss eine Diskrepanz zwischen Anzupassendem und dem Maß erkannt werden und daraus die Erkenntnis der Notwendigkeit einer Anpassung abgeleitet werden. Daraus folgt, dass ein anpassender Prozess stets reaktiv auf die Erkenntnis der Diskrepanz erfolgt (Reaktivität). Eine weitere Eigenheit des Anpassungsprozesses ist die mögliche graduelle Optimierung (Gradualität) des Anzupassenden. Wenn das Anzupassende und das Maß hinreichend übereinstimmen, endet der Anpassungsprozess (Finalität). Als Handlung benötigt der Anpassungsprozess zudem Zeit. (Weitzel, H. & Gropengießer, H, 2009, 293)

Mithilfe einer kognitionslinguistischen Analyse können Weitzel und Gropengießer (2009) des Weiteren zeigen, dass auch weitere Elemente kognitiver Modelle in die Vorstellung von Anpassungsprozessen integriert werden können. Beispielsweise kann als ein weiterer Mechanismus von Anpassungsprozessen die Vorstellung aufgenommen werden, dass die Zeit als Akteur in Handlung tritt (*„Die Zeit heilt alle Wunden“*). Dies ist so zu verstehen, dass es genügt, ausreichend Zeit vergehen zu lassen, dann tritt auch eine gewünschte Veränderung ein. (Weitzel, H. & Gropengießer, H, 2009, 293)

Zusammenfassend stellen Weitzel und Gropengießer (2009) fest, dass lebensweltliche Anpassungsprozesse einer Denkfigur zuzuordnen sind, die sie als *„Gezielte Gegenstandsanpassung“* bezeichnen. Diese steht in der Beschreibung des Anpassungsprozesses und den Voraussetzungen und Eigenheiten einem wissenschaftlich orientierten Verständnis von Evolution entgegen. Ihre Elemente können aus diesem

4.2 Ausgewählte Forschungsergebnisse zu Schülervorstellungen von Anpassung und Auslese

Grund Lernhindernisse darstellen. Anknüpfungspunkt für ein stärker wissenschaftlich orientiertes Verständnis ist das Konzept der Gradualität, also eines Prozesses, der in diesem Zusammenhang durch die relative Optimierung des Anzupassenden an das Maß gekennzeichnet ist. Ebenso als Anknüpfungspunkt ist die Relativität der Zeitdauer des Vorgangs zu verstehen.

Der Denkfigur der „Gezielte Gegenstandsanpassung“ kann eine weitere Denkfigur gegenüber gestellt werden: die *lebensweltliche Vorstellung einer Auslese*. Auch in diesem Modell wird eine lebensweltliche Vorstellung von Anpassung als Ergebnis des Prozesses aufgegriffen. Jedoch können hier einige Unterschiede ausgemacht werden: Statt einem Anpassungsprozess erfolgt ein Ausleseprozess. Ausleseprozesse sind wie Anpassungsprozesse im alltäglichen Kontext zu beobachten („*Das Gute ins Töpfchen, das Schlechte ins Kröpfchen*“). Dieses Modell unterscheidet sich von dem vorigen darin, dass als Voraussetzung die Erkenntnis einer Variation und die Notwendigkeit eines Ausleseprozesses postuliert werden. Daraufhin erfolgt ein Ausleseprozess, in dem die Wahl eines potentiellen Gegenstandes durchgeführt wird. Am Ende des Prozesses erfolgt ebenfalls eine Überprüfung, woraus eine Wiederaufnahme oder die Beendigung des Prozesses resultieren kann (vgl. Abbildung 4.4.).

Dabei ist zu beachten, dass einzelne Elemente kennzeichnend für das jeweilige Modell sind und sich gegenseitig ausschließen. Beispielsweise findet sich nur im *Modell einer lebensweltlichen Auslese* die Erkenntnis einer Variation (vgl. Abbildung 4.4.). Dies bedingt, dass möglicherweise das eine Modell wahrscheinlicher gewählt wird als das andere Modell. Vermutet wird, dass Aufgabenkontexte diese potentiell wirksamen Elemente aufgreifen können und damit die Entscheidung zu einer Vorstellung begünstigen oder benachteiligen (vgl. Kapitel 8.1.). Weitzel und Gropengießer (2009) haben in dem Zusammenhang beschrieben, dass das lebensweltliche Konzept von Auslese in ihrer Studie selten oder gar nicht abgerufen wird, wenn die Aufgabenstellung keinen Hinweis darauf enthält.

4.2.5 Zusammenfassung

Es existieren eine Vielzahl an Studien zur Erhebung der Vorstellungen von Schülerinnen und Schülern unterschiedlichster Altersstufen zu Anpassung und Auslese. Sie zielen auf die Identifikation von Mustern in den Erklärungen zu Anpassung, um diese dann unter anderem für die Konstruktion geeigneter Lernumgebungen nutzbar machen zu können. In einigen Studien (Nehm & Ha, 2011; Kampourakis & Zogza, 2008) finden sich Hinweise darauf, dass Aufgabenkontexte die Lernenden bei der Bearbei-

4 Ausgewählte Aspekte zum Thema Evolution

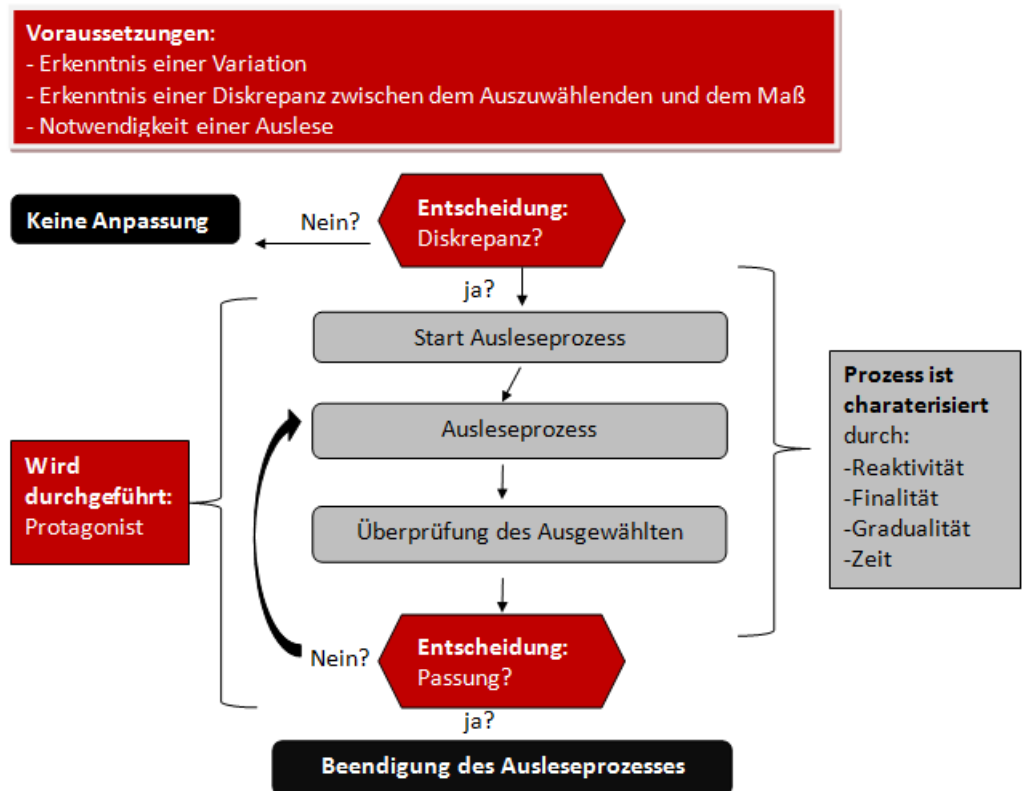


Abbildung 4.4: Modell einer lebensweltlichen Auslese

4.2 Ausgewählte Forschungsergebnisse zu Schülervorstellungen von Anpassung und Auslese

tung der Aufgaben leiten können und dass damit Artefakte der Aufgaben erzeugt werden. Daraus leiten sich zwei Forderungen ab. Mögliche Aufgabenkontexte (1) müssten untersucht werden und (2) bei der Konstruktion von Items müssen diese Ergebnisse berücksichtigt und die Aufgabenkontexteffekte kontrolliert werden (Nehm & Ha, 2011). Weitzel und Gropengießer (2009) entwickelten mithilfe der Theorie des Erfahrungsbasierten Verstehens Idealisierte Kognitive Modelle (ICMs), die dazu beitragen könnten, Inhaltsaspekte zu identifizieren, die zum Abruf einer bestimmten lebensweltlichen Vorstellung führen. Diese ICMs sollen genau dafür in dieser Studie eingesetzt, unter Umständen weiterentwickelt und dadurch auch auf ihre Richtigkeit hin überprüft werden.

5 Wissenschaftsverständnis

Das Ausmaß des Verständnisses von Erklärungen zur Evolution kann sowohl durch das Verständnis von Wissenschaft als auch durch die Akzeptanz von Wissenschaft beeinflusst werden (u.a. Lammert 2012, Rutledge & Warden 2000). Aus diesem Grund soll in dieser Arbeit dies ebenfalls berücksichtigt und modulierende Effekte untersucht werden. Zunächst erfolgt die Definition des Terminus *Wissenschaftsverständnis* (Kapitel 5.1.), anschließend werden ausgewählte Studien, die den Zusammenhang von Wissenschaftsverständnis und Evolutionsverständnis beziehungsweise -akzeptanz fokussieren vorgestellt (Kapitel 5.2.).

5.1 Definition

Der Begriff *Wissenschaftsverständnis* bezieht sich auf eine metatheoretische Ebene und umfasst das Verständnis von Aspekten der Wissenschaftsphilosophie im Sinne von *über die Natur der Naturwissenschaft lernen (Nature of Science)*. Dabei werden sowohl erkenntnistheoretische, wissenschaftstheoretische als auch wissenschaftsethische Aspekte berücksichtigt (Grygier, 2008, 57). In schulischen Bildungskontexten wird die Vermittlung eines Wissenschaftsverständnisses als Bildungsziel aufgefasst und beispielsweise als einer von drei Erhebungsbereichen bei PISA als *Scientific Literacy* erfasst (OECD, 2007). Die Vermittlung von *Scientific Literacy* wird aufgrund der Tatsache, dass das alltägliche Leben durch Naturwissenschaften und Technik geprägt ist, als wichtiger Aspekt im Unterricht angesehen. Wissen über und von Naturwissenschaften soll dabei helfen, Phänomene zu erklären und zu verstehen und im Alltag, Beruf und in unserer Gesellschaft zurecht zu kommen. Naturwissenschaften und ihre Arbeitsweisen können dabei helfen, Probleme systematisch zu betrachten und zu lösen. Es soll ermöglicht werden, an der Diskussion über technische und naturwissenschaftliche Problemfelder teilzuhaben und sich eine eigene Meinung zu naturwissenschaftlichen Inhalten und Entwicklungen zu bilden. Naturwissenschaften stellen aber auch einen Teil unserer Kultur dar. Ziel ist eine naturwissenschaftliche Grundbildung, über die eine Person in einer naturwissenschaftlich geprägten Gesellschaft verfügen

sollte, um all die genannten Punkte erfüllen zu können (Kultusministerkonferenz, 2005). Einen Teil dieser *Scientific Literacy* stellt das Konzept *Nature of Science (NOS)* dar. Neben der Vermittlung der Inhalte der modernen Naturwissenschaft geht es darum, Lernende mit grundlegenden Denkprozesse und Konzepten der Naturwissenschaften vertraut zu machen. Damit soll Naturwissenschaft als ein möglicher Weg der Welterschließung anerkannt, aber auch kritisch hinterfragt werden und die Lernenden sollen dazu befähigt werden, naturwissenschaftliches Wissen sinnvoll in die persönliche Entscheidungsfindung wie auch in den gesellschaftlichen Diskurs einzubringen (Kremer, 2010, 7). Im deutschsprachigen Raum wird dies als Kompetenzkonstrukt „Wissenschaftsverständnis“ verstanden. Diese Kompetenz soll ermöglichen, dass Charakteristika und Grenzen des naturwissenschaftlichen Wissens kritisch reflektiert werden können (Kremer, 2010, 7-8). Es wird damit eine metatheoretische Ebene eingenommen (Grygier, 2008, 59).

5.2 Ausgewählte Forschungsergebnisse

Die Auswahl der Studien erfolgte nach Relevanz für diese Arbeit. Verschiedene Studien zeigen, dass das Wissenschaftsverständnis und die Akzeptanz der Wissenschaft die Akzeptanz und das Verständnis der Evolutionstheorie beeinflussen kann (u.a. Lombrozo et al. 2008). Aus diesem Grund kann vermutet werden, dass auch in dieser Studie ein solcher Einfluss nicht auszuschließen ist und daher berücksichtigt werden muss.

Im Rahmen einer Fragebogenstudie von Rutledge und Warden (2000) wurde die Abhängigkeit der Akzeptanz der Evolution unter anderem vom Wissenschaftsverständnis erhoben. Es zeigt sich dabei ein starker signifikanter Zusammenhang. Nach Lombrozo et al. (2008) sind Studenten eher dazu bereit, die Evolutionstheorie zu akzeptieren, wenn ihnen bewusst ist, wie eine wissenschaftliche Theorie definiert ist. Also wenn sie verstanden haben, dass eine wissenschaftliche Theorie verlässlich ist, auch wenn sie Veränderungen unterliegen kann. Diese Hypothese wurde mit 96 Studenten im Grundstudium aus verschiedenen Fachbereichen im Rahmen einer Fragebogenerhebung getestet. Im Ergebnis ist zu sehen, dass Probanden mit einem angemessenen Verständnis, wie Wissenschaft funktioniert, eine hohe Akzeptanz der Evolution aufweisen. Das Verständnis von Evolution wird jedoch in dieser Studie nicht betrachtet. (Lombrozo, T., Thanukos, A., & Weisberg, M., 2008)

Kim und Nehm (2011) untersuchten 84 angehende Lehrer der Naturwissenschaften in Korea zu ihrer Akzeptanz der Evolution, ihrem Verständnis der Evolution und ihrem Wissenschaftsverständnis. Dabei konnte gezeigt werden, dass das Wissenschaftsverständnis und das Evolutionsverständnis einen signifikanten Zusammenhang aufweisen. Probanden, die ein höheres Verständnis von Wissenschaft aufwiesen, zeigen ein höheres Verständnis von Evolution und sind auch eher dazu bereit die Evolutionstheorie als wissenschaftliche Theorie zu akzeptieren. (Kim, S.Y. & Nehm, R.H., 2011)

In der Studie von Lammert (2012) weisen alle Probanden eine hohe Akzeptanz von Wissenschaft. Dafür wurden 3969 Schüler aus den Schulstufen neun und zehn aller Schulformen befragt. Es wurde untersucht, welchen Einfluss die Gläubigkeit auf die Akzeptanz der Wissenschaft hat. Stark gläubige Schüler erreichen dabei den kleinsten Wert, glaubensfreie Schüler die höchste Akzeptanz der Wissenschaft. Jedoch zeigt sich bei allen Subgruppen eine hohe Akzeptanz der Wissenschaft. Des Weiteren unterscheiden sich die Werte der Probanden in Abhängigkeit von ihrer Religionszugehörigkeit. Muslimische Schüler zeigen die niedrigste Akzeptanz der Wissenschaft, darauf folgen Angehörige anderer Konfessionen, die nicht umfassend aufgeschlüsselt wurden. Darunter befanden sich jedoch unter anderem griechisch-orthodoxe Schüler, Angehörige der Freikirchen und Buddhisten. Die Schüler, die der katholischen Konfession angehören weisen ähnliche Werte auf wie die evangelischen Schüler. Den höchsten Wert erreichen die konfessionslosen Probanden. Sie zeigen demnach die höchste Akzeptanz der Wissenschaft. Ein Einfluss der Religionszugehörigkeit auf die Akzeptanz der Wissenschaft kann jedoch als gering eingestuft werden, da in dieser Studie nur 2,1% der Varianz der Akzeptanz der Wissenschaft durch die Religionszugehörigkeit erklärt werden kann. Bei einem Vergleich der Schulformen kann Lammert (2012) zeigen, dass Gymnasiasten die höchste Akzeptanz der Wissenschaft aufweisen, Gesamtschüler die niedrigste Akzeptanz. Es wird jedoch nicht aufgezeigt, ob sich auch die Gläubigkeit unterschiedlich auf die Schulformen aufteilt, also beispielsweise die Gymnasiasten eine geringere Gläubigkeit aufweisen. (Lammert, 2012)

5.3 Zusammenfassung

Eine Reihe von Studien belegt einen Zusammenhang zwischen Verständnis und Akzeptanz der Evolutionstheorie und einem allgemeinen Verständnis und der Akzep-

5 Wissenschaftsverständnis

tanz von Wissenschaft. Dieser Zusammenhang tritt bei Probanden unterschiedlicher Qualifikation (Schüler unterschiedlicher Schulstufen, Studenten) auf. Religionszugehörigkeit und Gläubigkeit sind Faktoren, die sowohl das allgemeine Wissenschaftsverständnis, als auch das Verständnis und die Akzeptanz von Evolution beeinflussen.

6 Religiosität

Charles Darwin schrieb am 11. Januar 1844 an seinen Freund den Naturforscher J.D. Hooker einen Brief, in dem er von seinen Annahmen über die Veränderlichkeit der Arten berichtete. Über seine Erkenntnis zeigte er sich nicht nur erfreut, sondern spürte auch ein gewisses Unbehagen über die weitreichenden Konsequenzen („*Es ist, als gestünde man einen Mord*“ (Darwin Correspondence Project, 25.8.2016)). Mit seinen Erklärungen lieferte er eine Alternative zur biblischen Schöpfungslehre. Es zeigt sich darin, dass mögliche Spannungsfeld zwischen der biblischen Lehre und naturwissenschaftlichen Theorien, das dazu führen kann, dass vor allem religiöse Menschen die Evolutionstheorie ablehnen oder ein geringeres Verständnis aufweisen (Miller, J.D., Scott, E.C., Okamoto, S., 2006). Zahlreiche Studien (vgl. Kapitel 6.3.) beschreiben einen Zusammenhang zwischen Religiosität beziehungsweise Religionszugehörigkeit und Zustimmung beziehungsweise Verständnis von Evolution, weswegen in dieser Studie der Aspekt der Religiosität und Religionszugehörigkeit ebenfalls untersucht wird.

Zunächst sollen die Begriffe *Religion* und *Religiosität* definiert werden (Kapitel 6.1.). Darauf folgt ein Kapitel zur Religionszugehörigkeit und Religiosität in Europa (Kapitel 6.2.). Anschließend werden Forschungsergebnisse zum Zusammenhang zwischen Religiosität beziehungsweise Religionszugehörigkeit und Evolution vorgestellt (Kapitel 6.3.).

6.1 Definition

Der Begriff „Religion“ leitet sich etymologisch von den lateinischen Wörtern *religio*, *relegere*, *religare* ab. „Religio“ als Begriff taucht erstmals im 3. Jahrhundert vor Christus auf. Es stand dort für „Scheu, Skrupel, Gottesfurcht, Frömmigkeit, Heiligkeit, Aberglaube, Bedenken, Regelgenauigkeit, Pflicht, Gewissenhaftigkeit, Rücksicht“. Das Wort „religio“ geht nach Cicero (106-43 v. Chr.) auf „relegere“ zurück, was „wieder auflesen, wieder aufsammeln, wieder aufwickeln“ bedeutet. Im übertragenen Sinn wird damit „bedenken, achtgeben“ verstanden, was sich auf die gewissenhafte Einhaltung

6 Religiosität

der überlieferten Regeln des Tempelkults bezieht. Um sich vom sogenannten Aberglauben abzugrenzen, wurde der Begriff „Religion“ ins Deutsche entlehnt, um damit amtskirchliche Bibelauslegungen und Kultpraxis zu bezeichnen (Vaas, R., Blume, M., 2009, 19-20).

In der Aufklärung (17./18.Jahrhundert) entwickelte sich dann ein abstrakterer Religionsbegriff, auf den die gegenwärtigen Definitionsansätze zurückgehen. Seit ungefähr 100 Jahren wird durch Religionssoziologen und Religionswissenschaftler Religion empirisch untersucht. Eine einheitliche wissenschaftliche Definition konnte bisher jedoch nicht gefunden werden. Emile Durkheim (1994), einer der Begründer der Soziologie, hat einen funktionalistischen Religionsbegriff formuliert. Nach ihm ist Religion ein solidarisches System, das sich auf Überzeugungen und Praktiken bezieht, die heilige Dinge beinhalten. Darüber hinaus vereint Religion moralisch alle Menschen, die dieser angehören, in einer Gemeinschaft. Jakobs (2002) fasst den Religionsbegriff in seiner christlichen Tradition mit einer anderen Facette:

„Das Wort ‚Religion‘, das nicht in allen Sprachen einsichtige Äquivalente hat, meint in der vom Christentum beeinflussten Alltagssprache der westlichen Kultur ein von einer Organisation getragenes Glaubenssystem, das Aussagen über Gott und die Welt macht und dem man exklusiv anhängt. Dieses Verständnis von Religion ist auf kaum eine außerchristliche Religion anwendbar.“ (Jakobs, 2002, 72)

In dieser Definition wird auch betont, dass Religion in der Regel von einer Organisation getragen wird. Die (christlichen) Kirchen haben jedoch Schwierigkeiten diesem Bestimmungsanspruch zu entsprechen, was dazu führt, dass ein unübersichtliches, religiöses Feld entsteht, mit Menschen, die ein unbestimmtes Gefühl haben, religiös zu sein und dennoch nicht den kirchlich-theologischen Vorhaben entsprechen. Dies führt als eine Konsequenz zu einer Aufsplittung in Subwelten: (1) eine von der Kirche repräsentierten, institutionellen Religion und (2) eine individuelle Form von Religion. Aus diesen beiden lässt sich ein dritter Bereich ableiten, die sogenannte „Unsichtbare Religion“ (3). Diese wird nicht wahrgenommen als solche, da sie sich in ständiger Auseinandersetzung wechselseitig befindet und verändert. (Jakobs, 2002, 72-73)

Darüber hinaus kann nach Streib und Gennerich (2011) zwischen einer substantiell (a), einer funktional (b) und einer diskursiv (c) orientierten Bestimmung von Religion unterschieden werden:

- a Bei der substantiellen Bestimmung von Religion stehen die Vorstellungen von Welt und Gott im Zentrum.

- b Die funktionale Bestimmung von Religion beinhaltet sechs verschiedene Leistungen von Religion, welche auf menschliche Probleme antworten: (1) die Affektbindung oder Angstbewältigung, (2) die Handlungsführung im Außeralltäglichen (Ritual, Moral, Magie), (3) die Verarbeitung von Kontingenzerfahrungen (wie beispielsweise Unrecht und Leid), (4) die Legimitation von Gemeinschaftsbildung und sozialer Integration, (5) der Kosmisierung von Welt und der Begründung eines Deutungshorizontes aus einheitlichen Prinzipien und (6) der Distanzierung gegebener Sozialverhältnisse, dem Ermöglichen von Widerstand und Protest gegen einen ungerechten oder unmoralisch erfahrenen Gesellschaftszustand.
- c Die diskursive Bestimmung von Religion, welche einen Weg über eine gegenständliche sowie über die funktionale Definition von Religion hinaus sucht. Es tritt der Anwendungsprozess kulturell vermittelter Deutungsmuster in den Fokus der begrifflichen Erfassung. Damit können auch individuelle Formen religiöser Zugangsweisen betrachtet werden. (Streib & Gennerich, 2011, 13-14)

Nach der Definition von Jakobs (2002) wird mit Religion eine Institution miteingeschlossen. Religiosität bezieht sich jedoch auf das Subjektiv-Individuelle und auf das Erleben des Einzelnen (Vaas, R., Blume, M., 2009, 20). Damit wird Religiosität als Ausdrucksform und Intensität der Gläubigkeit definiert und verstanden. Nach Stark und Glock (1968) kann Religiosität als „commitment“ definiert werden, dass in sechs Kerndimensionen unterteilt (Intellekt, Ideologie, privates Ritual, Erfahrung, öffentliches Ritual, Konsequenzen im Alltag) werden kann. Das einflussreichste psychologische Modell der Religiosität stammt von Gordon W. Allport (Huber, 2006, 5). Allport (1950) sieht Religiosität als einen inneren Wert, der dazu in der Lage ist Erleben und Verhalten von Menschen zu bestimmen. Wenn Religiosität zu den zentralen Werten einer Person gehört, Allport spricht dann von intrinsischer religiöser Orientierung, dann beeinflusst dieses religiöse Motivsystem autonom, konsistent und kontinuierlich diesen Menschen. Wenn Religiosität nur zu den untergeordneten Werten gehört, nach Allport (1950) entspricht das dann einer extrinsisch religiösen Orientierung, tritt religiöses Verhalten nur sporadisch und reaktiv auf und wird primär von nicht religiösen Motiven bestimmt. Die Begriffe „Religion“ und „Religiosität“ müssen demnach voneinander unterschieden werden.

6.2 Religionszugehörigkeit und Religiosität in Europa unter besonderer Berücksichtigung Deutschlands

6.2.1 Religionszugehörigkeit in Deutschland

Im Zensus der Europäischen Union (2011) wurden auch Daten zur Religionszugehörigkeit in Deutschland erhoben. Demnach gehören 30,8% der Deutschen der evangelischen Kirche und 31,2% der katholischen Kirche an. 38% gehören keiner oder einer anderen Religionsgemeinschaft an. In den Stadtstaaten fällt der Anteil katholischer Christen deutlich geringer aus (10,3%), auch der Anteil evangelischer Christen ist dort geringer (27,8%). Die meisten Menschen der Stadtstaaten gehören keiner bzw. einer anderen Religion an (61,9%). Auch in den Flächenländern stellt diese Gruppe den größeren Anteil an der Bevölkerung (36,1%). Im Saarland und Bayern wird der höchste Anteil an Katholiken gefunden (63,3% bzw. 55,7%). In den neuen Bundesländern ist dieser Anteil deutlich geringer (>3,6%). Die evangelische Bevölkerung überwiegt im Norden Deutschlands, beispielsweise in Niedersachsen mit 55,7%. In den neuen Bundesländern finden sich ebenfalls die geringsten Zahlen bezüglich der evangelischen Bevölkerung. Im Vergleich zu der katholischen Kirche ist dort die evangelische Kirche jedoch deutlich häufiger vertreten (beispielsweise mit 18,4% in Brandenburg). In den neuen Bundesländern gehören die meisten Menschen keiner oder einer anderen Religionsgemeinschaft an (beispielsweise 81,2% in Sachsen-Anhalt). In Baden-Württemberg sind 37,6% Mitglied der Katholischen Kirche, 34,1% in der evangelischen Kirche und 28,3% in keiner oder einer anderen Religionsgemeinschaft. Dabei fallen die Ergebnisse Deutschlandweit auch nach Kreisebene sehr unterschiedlich aus. Beispielsweise sind im sächsischen Erzgebirgskreis lediglich 1,9% der Bevölkerung katholisch, in den bayrischen Landkreisen Cham oder Regen sind es jedoch 88,7%. Der Landkreis mit dem kleinsten Anteil Mitglieder der evangelischen Kirche findet sich in Cham mit 4,5%, den größten Anteil stellen evangelische Christen im niedersächsischen Landkreis Aurich (75,9%). (Statistisches Landesamt Rheinland-Pfalz, 2014, 41-43)

Eine Erhebung der Evangelischen Landeskirche aus dem Jahr 2010 findet ähnliche Ergebnisse, schlüsselt jedoch noch nach weiteren Religionszugehörigkeiten auf (vgl. Tabelle 6.1.). Demnach gehören 30,2% der katholischen Kirche an, 29,2% der evangelischen Kirche und 4,9% der Menschen in Deutschland bezeichnen sich als Muslime. Den größten Anteil stellen auch hier die Konfessionslosen mit 33,1%. (Evangelische Landeskirche Deutschland, 2011)

6.2 Religionszugehörigkeit und Religiosität in Europa unter besonderer Berücksichtigung Deutschlands

Tabelle 6.1: Religionszugehörigkeit in Deutschland

Religionszugehörigkeit	Anteil in % in dt. Bevölkerung
Katholische Kirche	30,15%
Evangelische Landeskirche	29,23%
Muslime	4,98%
Orthodoxe	1,55%
Freikirchen	0,44%
Buddhisten	0,33%
Juden	0,4%
Hindus	0,12%
Andere christliche Kirchen	0,04
Konfessionlose	33,06%

Unter den Muslimen stellen die Sunniten mit 74% die größte Gruppe. Die Aleviten haben als zweitgrößte Gruppen einen Anteil von 13%. Darauf folgen die Schiiten mit 7%. Die übrigen 6% verteilen sich auf kleine Gruppen oder Glaubensgemeinschaften wie beispielsweise die Sufi/Mystiker oder die Ibaditen. Die Mehrheit der Muslime schätzt sich selbst als stark gläubig (36%) ein. Eher gläubig zu sein geben weitere 50% an. Die Gruppe der Muslime ist jedoch auch in Bezug darauf keine homogene Gruppe. Besonders bei türkischstämmigen Muslimen und Muslimen afrikanischer Herkunft ist die Religiosität stark ausgeprägt. Dagegen finden sich beispielsweise bei iranischstämmigen Muslimen nur 10%, die sich als sehr gläubig einschätzen und ein Drittel bezeichnet sich selbst als gar nicht gläubig. (Haug, S., Müssig, S., Sticks, A., 2009, 13-14)

6.2.2 Religiosität

Die formelle Zugehörigkeit zu einer Religionsgemeinschaft bedeutet jedoch nicht zwingend, dass dieser Mensch auch als religiös einzustufen ist oder welche Rolle Religion in seinem Leben spielt. Nachfolgend sollen daher verschiedene Aspekte betrachtet werden, die eine Aussage über die Zentralität der Religion und damit die Religiosität eines Menschen machen können.

Existenz Gottes In Europa glauben 52% der Menschen, dass es einen Gott gibt. 27% glauben, dass es eine andere spirituelle Kraft als einen Gott gibt und 18% glauben weder an einen Gott, noch an eine spirituelle Kraft (3% Angabe weiß nicht). Auf die

6 Religiosität

unterschiedlichen Länder betrachtet schwanken diese Zahlen jedoch stark. Die Menschen aus der Türkei und Malta stimmen zu 95% der Aussage zu, dass es einen Gott gibt, die Menschen in Estland jedoch nur zu 16%. Den größten Teil an Zustimmung zu dieser Aussage, dass es weder einen Gott noch eine andere spirituelle Kraft gibt, finden sich in Frankreich (33%) und in der Tschechischen Republik (30%). In Deutschland glauben 47% der Menschen an einen Gott, 25% an eine anderweitige spirituelle Kraft und 25% lehnen einen Gott bzw. eine spirituelle Kraft ab (Europäische Kommission, 2005, 9-10). Im Westen Deutschlands glaubt etwa jeder Zweite „ziemlich“ beziehungsweise „sehr“ an die Existenz eines Gottes oder etwas Gottähnlichem. Im Osten ist dies nur beim jedem Vierten der Fall. Der Anteil derer die Glauben ist im Westen etwa doppelt so hoch, wie der Anteil der eher nicht Gläubigen (das heißt derjenigen, die bei der Befragung „wenig“ oder „gar nicht“ angegeben haben). Im Osten machen diese jedoch knapp 70% aus. In den alten Bundesländern schätzt sich jeder Fünfte als „ziemlich“ beziehungsweise „sehr“ gläubig ein, im Osten Deutschlands sind dies 12% der Befragten. Als „wenig“ beziehungsweise „gar nicht“ religiös schätzen sich im Westen 35% ein, im Osten 72% der Bevölkerung. (Pollak, D., Müller, O., 2013, 10-12)

Bedeutung für eigenes Leben In der Umfrage im Rahmen des Eurobarometers gaben 2006 47% der EU Bürger an, dass Religion nicht wichtig für ihr eigenes Leben ist. Für 48% der Menschen in Deutschland ist Religion jedoch wichtig. Nach dem Eurobarometer von 2010 gaben bei einer Umfrage, in der die Befragten drei von zwölf Werten auswählen sollten, die für sie persönlich am wichtigsten sind europaweit 7%, in Deutschland 5% Religion an. (Europäische Kommission, 2007, 13-16) Im Religionsmonitor wurde auch abgefragt, welche Lebensbereiche den Befragten wichtig sind. Dabei werden Religion und Spiritualität mit Abstand als unwichtigster Lebensbereich eingeschätzt. 54% der Menschen halten Religion für „sehr“ oder „eher wichtig“. Im Vergleich mit anderen Lebensbereichen schneidet aber die Religion dennoch schlecht ab, beispielsweise halten 90% der Befragten Freizeit für sehr wichtig und 80% Arbeit und Beruf. (Pollak, D., Müller, O., 2013, 12-14)

Religiöse Praxis Mithilfe des Religionsmonitors der Bertelsmann Stiftung wird religiöses Verhalten und religiöse Vorstellungen international und interreligiös untersucht. Die erste Untersuchung fand 2008 statt. Bei der Untersuchung 2013 wurden 14000 Menschen aus 13 unterschiedlichen Ländern befragt. Eine veränderte Version

6.3 Akzeptanz & Verständnis von Evolution

des Religionsmonitors wurde im Rahmen dieser Studie eingesetzt, daher sollen zentrale Ergebnisse der Befragung von 2013 an dieser Stelle dargestellt werden. Bezüglich der Dimension „Religiöse Praxis“ zeigt sich zwischen Ost- und Westdeutschland eine deutliche Kluft. 22% der Befragten aus Westdeutschland gaben an, mindestens einmal im Monat einen Gottesdienst, Tempel oder Freitagsgebet zu besuchen oder an einem anderen spirituellen Ritual teilzunehmen. In Ostdeutschland liegt dieser Anteil jedoch nur bei 12%. Auch bezüglich des täglichen persönlichen Gebets lassen sich Unterschiede ausmachen. 24% der im Westen Deutschlands lebende Menschen geben an, täglich beziehungsweise regelmäßig zu beten. Im Osten sind es auch hier deutlich weniger (12%). 24% im Westen geben an niemals zu beten, bei den Menschen im Osten wählen dies zwei Drittel der Befragten. (Pollak, D., Müller, O., 2013, 10).

Wenn bei der religiösen Praxis und Identität zwischen den Konfessionen aufgeschlüsselt wird, zeigt sich, dass die Katholiken die fleißigsten Gottesdienstbesucher stellen. 33% von ihnen geben an, regelmäßig die Kirche zu besuchen. Auf die Katholiken folgen dicht die Muslime, von denen 30% regelmäßig die Moschee besuchen. Bei den Angehörigen der evangelischen Kirchen geben nur 18% an regelmäßig in den Gottesdienst zu gehen. Bezüglich der religiösen Identität stufen sich die Muslime am höchsten ein. Knapp 40% von ihnen geben an sehr religiös zu sein. Fast 90% der Muslime halten Religion für wichtig. Dies sind bei den Katholiken nur 65% und bei den Protestanten 58%. Ein Viertel der Katholiken und ein Fünftel der Angehörigen der evangelischen Landeskirche schätzen sich als „ziemlich“ oder „sehr“ religiös ein. (Pollak, D., Müller, O., 2013, 19)

6.3 Akzeptanz & Verständnis von Evolution

Wie das eingangs verwendete Zitat aus Darwins Schriftverkehr nahelegt, besteht das Potential auf Konflikte zwischen Glaube und wissenschaftlichen Theorien wie der Evolutionstheorie. Die Evolution selbst ist als Tatsache zu betrachten, aber sie wird erklärt mithilfe verschiedener Theorien, den Evolutionstheorien (Futuyma, 2007, 13). Diese Theorien weisen zum Teil Lücken auf oder es fehlt ihnen an Beweisen. Für diese Lücken sehen manche Menschen Gott als Ersatz. Vor allem die Evangelische Kirche Deutschlands (EKD) lehnt eine solche Vorstellung eines „Lückenbüßer-Gottes“ jedoch ab. Viele christliche Theologen vertreten die creatio continua, eine andauernde Schöpfung und versuchen damit den Theismus und die Evolution zu vereinbaren.

6 Religiosität

(Vaas, R., Blume, M., 2009, 48-49) Es wird daraus abgeleitet, dass

"Gott mit und durch die Evolution das Leben und den Menschen erschaffen hat." (Vaas, R., Blume, M., 2009, 48)

6.3.1 Kreationismus & Intelligent Design

Menschen, die die Evolution und ihre Theorien aus religiösen Gründen ablehnen lassen sich meist in zwei Gruppen einteilen: Kreationisten und Anhänger des Intelligent-Design. In zahlreichen Studien wird daher auch die Zustimmung zu diesen Lagern untersucht. Unter Kreationismus wird eine Weltanschauung verstanden, die den biblischen Schöpfungsglauben wörtlich auslegt. Damit wird die Entstehung der Erde und der Lebewesen wörtlich aus der Bibel abgeleitet und ein „Designer-Gott“, der aus der Natur heraus belegbar sei, postuliert.

Die Anhänger der Intelligent-Design-Bewegung argumentieren differenzierter als die Kreationisten. Sie akzeptieren das dokumentierte Erdalter und die Mikroevolution (Artbildungsprozesse). Ein göttlicher und intelligenter Designer wird jedoch angeführt, um die Entstehung der Grundbaupläne zu erklären, demzufolge wird die Makroevolution abgelehnt (Kutschera, 2015, 296-298). Die beschriebenen Strömungen sind in der USA nicht ohne Rückhalt: 45% der US Bevölkerung lehnen die Evolutionstheorien ab und bevorzugen alternative Erklärungen für die Entstehung und Vielfalt des Lebens. In Europa und insbesondere in Deutschland stellt sich dies anders dar. Auch hier finden sich evolutionskritische Stimmen, die vor allem von einzelnen religiösen Gruppierungen angetrieben werden (beispielsweise den Zeugen Jehovas oder Evangelikaler Christen). Dennoch zeigt eine Umfrage der Forschungsgruppe Weltanschauungen in Deutschland (fowid) von 2005, dass eine Mehrheit der Bundesbürger (60,9%) die Abstammungslehre akzeptiert. (fowid, 2005)

6.3.2 Ausgewählte Forschungsergebnisse

In einer Metaanalyse von Miller et al. (2006) wurden Studien aus unterschiedlichen Ländern verglichen, in denen die Aussage *„Menschliche Wesen, wie wir sie kennen, entwickelten sich aus tierischen Vorfahren“* für wahr oder falsch eingeschätzt werden musste. Die höchste Akzeptanz zeigten hier skandinavische Probanden (ca. 80% Zustimmung). In Deutschland stimmten ca. 70% der Befragten der Aussage zu. Die größte Ablehnung zeigt sich bei Probanden aus der Türkei (ca. 50% Zustimmung). Miller et al. (2006) konnten zusätzlich zeigen, dass sich die religiöse Überzeugung ne-

Tabelle 6.2: Antwortmöglichkeiten fowid (2015)

Es gibt unterschiedliche Ansichten darüber, wie das Leben auf der Erde entstanden ist und sich weiter entwickelt hat. [...]
(1) Gott hat das Leben auf der Erde mit sämtlichen Arten direkt erschaffen, so, wie es in der Bibel steht
(2) das Leben auf der Erde wurde von einem höheren Wesen bzw. von Gott erschaffen, durchlief aber einen langwierigen Entwicklungsprozess, der von einem höheren Wesen bzw. von Gott gesteuert wurde
(3) das Leben auf der Erde ist ohne Einwirken einer höheren Macht entstanden und hat sich in einem natürlichen Entwicklungsprozess weiterentwickelt.

gativ auf die Akzeptanz der Evolution auswirkt. Bei den amerikanischen Probanden war dieser Einfluss nahezu doppelt so hoch wie bei den Befragten anderer Nationen (Miller, J.D., Scott, E.C., Okamoto, S., 2006). Auch Lombrozo et al. (2008) stellten fest, dass die Religiosität negativen Einfluss auf die Akzeptanz der Evolution hat. Umso religiöser ein Proband war, umso seltener war er bereit, die Evolution zu akzeptieren. Downie und Barron (2000) konnten zeigen, dass Probanden, die die Evolution ablehnten, hauptsächlich religiöse Überzeugungen als Begründung dafür nannten.

Eine durch die Forschungsgruppe Weltanschauungen in Deutschland (fowid) beauftragte Studie erhob 2015 die Auffassung zur Entstehung des Lebens auf der Erde. Die repräsentative Untersuchung wurde an 1520 deutschen Probanden zwischen 14 und 94 Jahren durchgeführt. Die Frage und die Antwortmöglichkeiten, die dafür verwendet wurden, sind in Tabelle 6.2. dargestellt. Insgesamt wählten 60,9% der Befragten die Antwortmöglichkeit (3), die laut der Studie mit der Evolutionstheorie gleichgesetzt werden kann. 25,2% der Studienteilnehmer entschieden sich für die Antwortmöglichkeit (2), die eine Erklärung mithilfe des Intelligent Design (ID) beinhalten soll und 12,5% wählten mit der Antwortmöglichkeit (1) eine kreationistische Erklärung.

Faktor Religionszugehörigkeit Es zeigen sich jedoch deutliche Unterschiede, wenn man unterschiedliche Gruppen näher betrachtet. Unter den Konfessionslosen entschieden sich 86,7% der Studienteilnehmer für eine evolutionäre Erklärung, unter den Katholiken sind es 52,6% und den Protestanten 57,5%. Betrachtet man die Gruppe der Menschen mit Religionszugehörigkeit näher, zeigt sich, dass die, die jeden Sonntag an einem Gottesdienst teilnehmen, einer evolutionären Erklärung nur zu 9,8% zustimmen (45,9% Intelligent Design, 44,3% Kreationismus). Wer jedoch nie in

6 Religiosität

die Kirche geht, zeigt deutliche andere Zustimmungswerte (68,5% Evolution, 19,2% ID, Kreationismus 10,3%) (fowid, 2005).

Lammert (2012) untersuchte Schüler der 9. und 10.Jahrgangsstufen in allen Schulformen im Regierungsbezirk Arnsberg im Hinblick auf Vorstellungen, Wissen und Akzeptanz der Evolution. Dabei wurden auch die Gläubigkeit und Religionszugehörigkeit der Schüler ermittelt. Die Gläubigkeit wurde jedoch nur mit 5 likertskalierten Items erfasst, die sich auf die Schöpfung durch einen Gott beziehen. Bei der Skala konnten die Probanden einen Minimalwert von 4 (nicht gläubig) und einen Maximalwert von 20 (stark gläubig) erreichen ($M=11,74$, $SD=4,73$). Dabei zeigte sich, dass muslimische Schüler den höchsten Wert ($M=17,48$) und konfessionslose Schüler den niedrigsten Wert ($M=7,77$) erreichten. Diese Unterschiede sind signifikant. Muslimische Schüler zeigten den geringsten Wert für das Verstehen der Evolution. Konfessionslose Schüler wiesen dagegen den höchsten Wert auf. Die höchste Akzeptanz der Evolution zeigten männliche, konfessionslose Probanden. Muslimische Schülerinnen wiesen die geringste Akzeptanz der Evolution auf. (Lammert, 2012)

Weitere Faktoren Des Weiteren konnte in der durch Forschungsgruppe Weltanschauungen in Deutschland (fowid) beauftragte Studie 2015 herausgefunden werden, dass mit höherem Schulabschluss die Wahrscheinlichkeit steigt, eine evolutionäre Erklärung zu wählen (Hauptschul-/Volksschulabschluss 51,7%, Hochschulstudium 64,4%) und demzufolge die Wahrscheinlichkeit sinkt, eine religiös gefärbte Antwort zu bevorzugen (siehe Tabelle 6.3.). Mit zunehmender Schulbildung steigt ebenfalls die Zustimmung zum Intelligent Design und nimmt andererseits beim Kreationismus ab. Auch zeigt sich, dass das Alter einen Einfluss auf die Wahl der Antwort hat. Die jüngste Altersgruppe in der Befragung (14-29 Jahre) zeigt die höchste Zustimmung zu einer evolutionären Erklärung (70,8%), diese Zustimmung sinkt mit steigendem Alter (48,8% bei den 75jährigen und Älteren). (fowid, 2005)

Bei den Befragten der neuen Bundesländer stimmen die meisten einer evolutionären Erklärung zu (81,8%) und nur wenige wählen religiöse Erklärungen (ID=8,8, Kreationismus=7,7). In den alten Bundesländern zeigt sich jedoch eine deutlich andere Situation. Nur 56,1% der Befragten stimmen der evolutionären Erklärung zu, 29% wählen eine ID Erklärung und 13,4% eine kreationistische. (fowid, 2005).

Da jedoch nur ein Item zur Messung verwendet wurde und dies die Komplexität der Zustimmung zur Evolutionstheorie nur unzureichend darstellen kann, besteht die Möglichkeit einer Verzerrung der Ergebnisse dadurch (Lammert, 2012, 8).

Tabelle 6.3: Schulabschluss und Zustimmung zu Kreationismus, Intelligent Design und Evolution (fowid, 2005)

Schulabschluss	Kreationismus	Intelligent Design	Evolution
Haupt-/Volksschulabschluss	22,5%	23,1%	51,7%
Mittlere Reife	10,3%	27,2%	61,8%
Hochschulreife	6,7%	26,8%	65,9%
Fach-/Hochschulstudium	5,8%	28,1%	64,4%

Es kann damit gezeigt werden, dass religiöse Vorstellungen Einfluss darauf haben können, ob und wie Evolution angenommen und verstanden wird. Eine ausführliche Zusammenfassung verschiedener Ergebnisse zur Akzeptanz der Evolution unter anderem in Abhängigkeit von der Religiosität findet sich bei Lammert (2012).

6.4 Zusammenfassung

Religiosität bezieht sich auf Subjektiv-Individuelle und damit auf das Erleben des Einzelnen. Religiosität kann daher als Ausdrucksform und Intensität der Gläubigkeit definiert werden. Nach Allport (1950) ist Religiosität in innerer Wert, der dazu in der Lage ist Erleben und Verhalten von Menschen zu bestimmen. Religion bezieht sich dagegen direkt auf die organisierte Form der Religiosität und ist damit beispielsweise an institutionelle Kirchen gebunden.

In der deutschen Bevölkerung stellen die Angehörigen der christlichen Kirchen (62%) und die Konfessionslosen (38%) den größten Anteil. Unter den anderen Konfessionen lassen sich Muslime (4,9%) als häufigste Subgruppe finden. Religionszugehörigkeit bedeutet jedoch zwingend Gläubigkeit. In Deutschland glauben 47% der Menschen an einen Gott, 25% an eine anderweitige spirituelle Kraft und 25% lehnen beides ab. Religion und Spiritualität werden mit Abstand jedoch von Menschen in Deutschland als unwichtigster Lebensbereich eingeschätzt. Es lassen sich abhängig von der Religionszugehörigkeit bezüglich der Gläubigkeit jedoch Unterschiede feststellen. In einer Studie von Lammert (2012) zeigen Muslime den höchsten Wert der Gläubigkeit, Konfessionslose den niedrigsten Wert.

Manche Menschen lehnen die Evolution aus Religiösen Gründen ab. In einer Stu-

6 Religiosität

die von fowid (2015) zeigt sich jedoch, dass 60,9% der Befragten angegeben, dass das Leben auf der Erde durch Evolution entstanden ist und sich weiterentwickelt hat. Menschen, für die Religion eine große Rolle im Alltag spielt lehnen die Evolution jedoch wahrscheinlicher ab. Des Weiteren zeigt sich ein Einfluss des Schulabschlusses auf das Wahlverhalten. Mit höheren Bildungsabschlüssen steigt die Wahrscheinlichkeit eine evolutionäre Erklärung zu wählen. Auch das Alter spielt eine Rolle. Die jüngsten Befragten (14-29) zeigen die höchste Zustimmung zur Evolutionstheorie.

7 Leseverständnis

Lesen ist eine kognitive Fähigkeit, die es ermöglicht sich Zugang zu Informationen zu verschaffen, Möglichkeiten der Kommunikation zu eröffnen, abzutauchen in andere Welten und den eigenen Horizont zu erweitern. Lesen und Schreiben gehören zu den Haupttätigkeiten der Schüler, da Schule im Wesentlichen auf Schrift basiert. (Bertschi-Kaufmann, 2015)

Auch bei Erhebungen in der Bildungsforschung finden sich häufig schriftliche Testverfahren, wie auch in dieser Studie. Bei diesen Testverfahren braucht der Proband neben fachlichen Kompetenzen auch eine ausreichende Lesekompetenz (National Research Council, 2000). Aus diesem Grund soll in dieser Arbeit die Lesekompetenz berücksichtigt werden. Zunächst sollen dafür wichtige Begrifflichkeiten definiert werden. Anschließend werden für diese Arbeit relevante Forschungsergebnisse vorgestellt.

7.1 Definitionen

Lesefähigkeit Unter Lesefähigkeit wird die Fähigkeit verstanden, Grapheme in Phoneme umzuwandeln und damit geschriebene Texte zu decodieren, also geschriebene Buchstaben, Wörter und Texte zu entschlüsseln. Diese Decodierung geschriebener Informationen umfasst jedoch nicht das Integrieren von Wörtern und Sätzen zu Bedeutungseinheiten oder den Aufbau von kohärenten mentalen Repräsentationen von Textinhalten. Diese Prozesse, die über das reine Decodieren hinausgehen, werden als Textverstehen beziehungsweise Leseverständnis bezeichnet. (Hartmann, 2013, 17)

Leseverständnis In der modernen Leseverständnisforschung wird der Prozess des Leseverstehens als allgemeine Fähigkeit verstanden, Textinhalte zu rekonstruieren (Lenhard., 2013, 46). In kognitionspsychologischen Ansätzen wird Textverstehen als ein Vorgang beschrieben, der durch das Aufbauen und Abrufen einer Repräsentation des Textes gekennzeichnet ist. Der kognitive Prozess führt zur Konstruktion mentaler Repräsentationen von gesprochenem oder geschriebenen Text. In der weiteren

Forschung hat sich jedoch gezeigt, dass Personen Texte nicht zwangsläufig im Wortlaut, sondern vielmehr in Form situativer Modelle verstehen. Zunächst müssen dazu Schriftzeichen als Grapheme (oder analog im gesprochenen Geräusche als Phoneme) wahrgenommen werden und Verknüpfungen daraus als Morpheme erkannt werden. Morpheme sind sprachliche Bestandteile, aus denen einzelne Wörter bestehen. Bei geschriebenen Texten ist dieser Prozess zunächst mit reiner Lesefähigkeit identisch. Die Kombination bestimmter Morpheme ergibt dann Aussagen, die vom Rezipienten als solche identifiziert werden müssen und zu möglichst kohärenten mentalen Abbildern des Textes verknüpft werden sollten. Die Interpretationen des Textes ist damit unter anderem jedoch vom individuellen Vorwissen des Rezipienten abhängig, welches dazu selektiv aktiviert und mit den Informationen, die aus dem Text entnommen werden, integriert werden muss. Eine auf diese Weise konstruierte individuelle mentale Repräsentation des Textes wird von Dijk und Kintsch (1983) als situatives Modell bezeichnet. Die moderne Leseverständnisforschung übernimmt diesen Ansatz, wenn auch zum Teil abweichende Bezeichnungen zu finden sind. Als propositionale Repräsentationen werden konzeptuelle mentale Abbilder eines Textes verstanden. Solche Propositionen bestehen aus komplexen Symbolen, die mithilfe syntaktischer Regeln verbunden sind. Sie sind damit mentale Abbilder komplexer Symbolsysteme und ähneln damit in ihrer Struktur der Struktur des Textes. Als mentale Modelle werden dagegen bildhafte, situative oder modellartige kognitive Abbilder verstanden, die ebenfalls Informationen enthalten, die nicht explizit im Text auftauchen, sondern durch Verknüpfung der Textinhalte mit dem individuellen Vorwissen implizit in den Prozess der Konstruktion der mentalen Repräsentationen einbezogen werden. (Hartmann, 2013, 18-19)

Lesegeschwindigkeit Die Lesegeschwindigkeit beschreibt die Anzahl gelesener Wörter innerhalb einer festgesetzten Zeitdauer. Die Lesegeschwindigkeit wird als weiterer Indikator für die erfolgreiche Konstruktion mentaler Repräsentationen eines Textes verstanden. Die Effizienz beim Zugriff auf das semantische Lexikon hängt bedeutend mit der Lesegeschwindigkeit zusammen und ist damit essentiell für die Qualität des Lesevorgangs selbst (Hartmann, 2013, 24). Starke und schwache Leser unterscheiden sich nicht zwangsläufig in der Exaktheit der Dekodierung, jedoch hinsichtlich der dafür benötigten Zeit. Dies wird auf einen möglichen erhöhten Verarbeitungsaufwand bei Leseschwächeren zurückgeführt. Wenn Defizite auf der Ebene der Worterkennung vorliegen, werden beim Lesen kognitive Ressourcen beansprucht, die

eigentlich für hierarchiehöhere Verstehensprozesse benötigt werden würden. Damit erschwert sich die Kohärenzbildung, weil die dafür notwendigen Verarbeitungskapazitäten für die Bildung mentaler Repräsentationen fehlen. Wenn unter Zeitdruck schriftliche Texte gelöst werden müssen, beispielsweise in einer Testsituation, müsste eine niedrige Lesegeschwindigkeit daher zwangsläufig einen nicht unerheblichen Einfluss auf die Anzahl richtig gelöster Aufgaben haben. Selbst wenn die Bearbeitungszeit ausreichend ist, ist daher anzunehmen, dass langsame Leser aufgrund der höheren Beanspruchung kognitiver Ressourcen stark benachteiligt sind. (Hartmann, 2013, 24-25)

Lesekompetenz Der Begriff der Lesekompetenz ist sehr vielschichtig und wird in der Literatur nicht einheitlich verwendet. Es finden sich in der Fachliteratur verschiedenen Definitionen dieses Kompetenzbegriffs, von denen an dieser Stelle jedoch nicht auf alle eingegangen werden kann. Für diese Arbeit findet eine Orientierung an den in der Pädagogik weit verbreiteten Kompetenzbegriff von Weinert (2001) statt. Als Kompetenz wird nach Weinert (2001) Folgendes verstanden:

„die bei Individuen verfügbaren oder durch sie erlernbaren kognitiven Fähigkeiten oder Fertigkeiten, um bestimmte Probleme zu lösen, sowie die damit verbundenen motivationalen, volitionalen und sozialen Bereitschaften und Fähigkeiten um die Problemlösungen in variablen Situationen erfolgreich und verantwortungsvoll nutzen zu können“ (Weinert, 2001, 27 f)

Die Lesekompetenz geht über das Konzept reiner Dekodierung (Lesefähigkeit) sowie über die Konstruktion mentaler Repräsentationen (Leseverständnis) hinaus. Sie erweitert dies um die Fähigkeit, in Alltagssituationen aktiv und konstruktiv mit geschriebenen Texten umgehen zu können (Hartmann, 2013, 23). Lesekompetenz ist demnach nicht auf den Text als ausschließliche Darbietungsform reduziert, sondern bezieht sich auf sämtliche schriftliche Dokumente, die verbale Informationen in graphemischer Form, aber auch piktoriale Informationen enthalten (Hartmann, 2013, 23-24). Des Weiteren wird Lesekompetenz verstanden, als die

„Fähigkeit zum Entziffern von Wörtern und Sätzen, von ikonographischen Elementen und Satzgefügen („Decodierung“), zum anderen aber – sehr viel umfassender – die Fähigkeit aufgrund von Geschriebenem Sinn zu konstruieren und damit zum Leseverstehen zu gelangen“ (Bertschi-Kaufmann, 2015, 12)

7 Leseverständnis

verstanden.

Im Rahmen der Expertiseforschung wird dies dahingehend erweitert, dass nicht nur eine potentielle, sondern eine tatsächliche Leseverständnisleistung darunter verstanden wird. Demnach beinhaltet der Lesekompetenzbegriff nicht nur kognitive Faktoren, sondern auch motivationale und emotionale Aspekte, wie Weinert (2001) in seinem Kompetenzbegriff aufführt (Lenhard., 2013, 47). In der Lesedidaktik und den Kulturwissenschaften findet sich ein breiter angelegtes Verständnis der Lesekompetenz. Dort werden nicht nur die motivational-affektiven Prozesse und die individuellen Fähigkeiten mit eingeschlossen, sondern Lesekompetenz wird explizit in einen sozialen Kontext eingebettet. Damit wird eine Wechselwirkung zwischen Individuum, Interpretation eines Textes und der Selbstreflexion („Welche Bedeutung hat der Text für mich?“) angenommen und es wird darüber hinausgehend auch die kulturelle Praxis, also der soziale Austausch über Textinhalte und –interpretationen betont (Lenhard., 2013, 47). Demzufolge ist die Lesekompetenz abhängig von der Situation, in der sie eingesetzt wird. Empirisch ist diese Definition schwer zugänglich (Lenhard., 2013, 47-48)).

Die Lesekompetenz setzt sich aus einem Bündel an Teilkompetenzen zusammen: Es muss eine Verknüpfung von Buchstaben, Wörtern und Sätzen entstehen, Textteilen Sinn zugeordnet werden, Textteile in einer sach- und textlogischen Folge erkannt werden, Textinformationen mit eigenen Erfahrungen zusammengebracht werden, Texte, in denen Bilder, Graphiken und Tabellen enthalten sind, Zahlen und Wörter sinnvoll aufeinander bezogen werden, reflektiert gelesen werden, das heißt, es muss entschieden werden, ob das Gelesene als richtig oder falsch, relevant oder irrelevant beurteilt werden kann, das Gelesene in Erinnerung behalten und mit andere Texten verglichen werden, um so einzelne Lesemomente zu einer Erfahrungskette verbinden zu können. (Bertschi-Kaufmann, 2015, 12)

Literalität Der Begriff *Literatilität* ist mit den Begriffen Leseverständnis und Lesekompetenz verwandt und lässt sich nur schwer davon abgrenzen, da sich die jeweiligen Definitionen der Begrifflichkeiten stark überlappen (Lenhard., 2013, 46). Der Begriff der Literalität ist an den im angloamerikanischen Raum gebräuchlichen Begriff der *literacy* angelehnt. Darunter wird das Lesen in einem umfassenden kulturellen Kontext verstanden. Damit sind Lesen und Verstehen von den sozio-kulturellen Bezügen abhängig und nicht nur Tätigkeiten auf individueller Ebene. Zur Literalität gehören demnach alle schriftbezogene Fähigkeiten und Tätigkeiten, die für die reale Lebens-

bewältigung und einer Teilhabe an kulturellem Leben notwendig sind. Auch eine allgemein Wertschätzung schriftlicher Kommunikation und die Freude am Lesen (und Schreiben) wird damit eingeschlossen. Beispielsweise wird in der PISA-Studie eine solche Auffassung von Literalität vertreten. (Lenhard., 2013, 48)

7.2 Ausgewählte Forschungsergebnisse

Zunächst werden Forschungsergebnisse vorgestellt, die aufzeigen sollen, mit welchen Lesekompetenzen bei deutschen Schülern im Alter von 15 Jahren zu rechnen ist. Dafür wurden die Ergebnisse der PISA-Studie 2012 ausgewählt. Anschließend soll aufgezeigt werden, welche Rolle die Lesekompetenz bei der Bearbeitung schriftlicher Aufgaben spielt und welche Maßnahmen ergriffen werden können, um mögliche Effekte zu kontrollieren.

Der Test zur Erfassung der Lesekompetenz, der in dieser Studie Verwendung findet, wurde von Hasselhorn et al. (2007) entwickelt. Das Testverfahren wurde mithilfe einer Stichprobe von 2400 Schülern normiert. Es zeigt sich, dass das Leseverständnis und die Lesegeschwindigkeit über die Jahrgangsstufen hinweg zunehmen. Insgesamt erreichen beim Leseverständnis die Haupt-/Werkrealschüler schlechtere Werte als die Schüler der anderen Schultypen. Bei der Lesegeschwindigkeit erreichen Werkrealschüler im Schnitt bessere Werte als die Schüler der Gesamtschulen, jedoch schlechtere Werte als Realschüler und Gymnasiasten (Hasselhorn, Marx & Schneider, 2007, 5, 10, 16). Bei der internationalen Schulleistungsvergleichsstudie PISA werden im Auftrag der Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (OECD) seit dem Jahr 2000 verschiedene Kompetenzen von 15jährigen Schülern erhoben. Unter anderem wurden dort in der Vergangenheit die Lesekompetenz sowie mathematische und naturwissenschaftliche Kompetenzen erhoben. Im Bereich Lesekompetenz untersuchte die PISA-Studie, inwiefern Schüler über die Fähigkeit verfügen, geschriebene Texte unterschiedlicher Art in ihren Aussagen, Absichten und Form zu verstehen und sie in einen größeren Zusammenhang einordnen zu können. (Prenzel, 2013)

Deutsche Schüler erreichen in der fünften PISA Studie aus dem Jahr 2012 einen Durchschnittswert von 508 Punkten und liegen damit über dem OECD-Durchschnitt. Die Lesekompetenz hat sich damit deutlich im Vergleich zu den vorigen Erhebungszeitpunkten verbessert. Der Anteil der Schüler, die mit 15 Jahren noch auf dem Grundschulniveau lesen können, hat sich in diesem Zeitraum zusätzlich verringert. Die Be-

funde der Lesekompetenz unterscheiden sich abhängig von den Schularten. In der Studie von 2012 zeigen die Werkrealschüler ein mittleres Lesekompetenzniveau von 417 Punkten (Stufe II). Damit liegen sie eine Stufe unter dem Mittelwert für die gesamte deutsche Stichprobe (508 Punkte, Stufe III). Die Schüler der Realschule erreichen einen Mittelwert von 509 Punkten (III Stufe). An Gymnasien wird ein Mittelwert von 579 Punkten gefunden (Stufe IV). Es finden sich in allen Schularten Streuungen bezüglich der Leistung zwischen 65 und 70 Punkten, was nahezu einer Kompetenzstufe entspricht. Es zeigen sich bei Betrachtung der Perzentillbänder deutliche Überschneidungen bezüglich der Leseleistung in den unterschiedlichen Schularten. Beispielsweise verfügen 10% der Werkrealschüler über eine genauso starke Lesekompetenz wie die schlechtesten 10% der Gymnasiasten. 43,8% der Werkrealschüler befinden sich auf Kompetenzstufe I oder darunter, wie auch knapp 6% der Realschüler. Bei diesen Schülern ist davon auszugehen, dass sie bezüglich der weiteren Schul- und Berufsbiographie, wie auch bei der gesellschaftlichen Teilhabe Risiken und Problemen gegenüberstehen. (Prenzel, 2013, 234-238)

Zum Lösen einer beliebigen schriftlichen Aufgabe braucht ein Proband eine ausreichend hohe Lesekompetenz. Wenn eine Person nicht dazu in der Lage ist, einen Aufgabenkontext richtig zu verstehen, dann kann sie trotz vorhandener fachlicher Kompetenzen diese Aufgabe mit einer hohen Wahrscheinlichkeit nicht oder nur unzureichend lösen (National Research Council, 2000). Daher kann bei diesen Schülern davon ausgegangen werden, dass sie bei der Bearbeitung schriftlicher Testverfahren aufgrund ihrer mangelnden Lesekompetenz benachteiligt sind. Dies sollte bei der Erstellung und Analyse solcher Aufgaben berücksichtigt werden.

Im Rahmen des ESNaS-Projektes (Evaluation der Standards in den Naturwissenschaften für die Sekundarstufe I) wurden die Aufgabenentwickler angehalten, Aufgabentexte möglichst auf unmittelbar für die Lösung relevante Inhalte zu beschränken und schmückende, redundante oder unwesentliche Elemente wegzulassen. Aufgaben sollten auch dahingehend überprüft werden, dass auch schwache Leserinnen und Leser dazu in der Lage sein sollten, die Texte zu verstehen. Sofern es möglich war, wurden die Aufgaben zusätzlich mit Bildern versehen. (Hartmann, 2013, 28-29)

Hartmann (2013) beschäftigte sich in seiner Studie mit dem Zusammenhang zwischen Lesekompetenz und der Bearbeitung schriftlicher Testverfahren im Bereich Naturwissenschaften. Er konnte zeigen, dass kombinierte Text-Bild-Aufgaben für Probanden leichter zu lösen sind, als reine Textaufgaben. Abbildungen könnten möglicherweise helfen, die sprachlichen Anforderungen beim Lösen Aufgaben zu reduzieren und erleichtern damit auch das Finden einer korrekten Lösung für Schüler

mit geringen Lesekompetenz. Er fand ebenfalls heraus, dass eine Konfundierung der Ergebnisse mit der Lesegeschwindigkeit sich durch den Einsatz lösungsrelevanter Abbildungen signifikant reduzieren lässt (Hartmann, 2013, 119-120). Diese Ergebnisse weisen darauf hin, dass Abbildungen besonders auch in Testverfahren gezielt eingesetzt oder weggelassen werden müssen um die Ergebnisse nicht zu verfälschen.

7.3 Zusammenfassung

Lesen und Schreiben stellen einen wesentlichen Teil unserer Bildung dar. Lesen ist eine multiple Tätigkeit, die hohe Anforderungen an den Leser stellt.

Unter *Lesefähigkeit* wird die Fähigkeit verstanden, geschriebene Buchstaben, Wörter und Texte zu entschlüsseln. Die Prozesse, die über das Decodieren hinaus gehen werden als *Leseverständnis* bezeichnet. Die *Lesegeschwindigkeit* beschreibt die Anzahl gelesener Wörter innerhalb einer Zeiteinheit. Lesegeschwindigkeit hängt eng mit der Effizienz der Leseleistung zusammen. Langsamere Lese zeigen einen unter Umständen erhöhten Verarbeitungsaufwand. Damit werden Kapazitäten für das Lesen verwendet, die für Verstehensprozesse benötigt werden könnten. Damit ist anzunehmen, dass langsame Leser aufgrund der höheren Beanspruchung kognitiver Ressourcen benachteiligt sind. Die *Lesekompetenz* kann als Weiterführung davon verstanden werden und umfasst ein Bündel unterschiedlicher Aspekte.

Die *Lesekompetenz* nimmt über die Altersstufen in der Regel zu. Es zeigen sich jedoch Unterschiede zwischen Schülern der unterschiedlichen Schularten. Dabei schneiden Gymnasiasten besser ab als Realschüler und diese besser als die Werkrealschüler und Schüler der Gesamtschulen. Bei Schüler, die sich auf den untersten Kompetenzniveaus befinden, kann davon ausgegangen werden, dass sie große Schwierigkeiten beim Lesen haben, was sowohl die Schul- und Berufsbiographi, wie auch die gesellschaftliche Teilhabe negativ beeinflussen kann. Bei der Bearbeitung schriftlicher Testverfahren ist bei diesen Schülern zu erwarten, dass sie auch hier Schwierigkeiten haben werden, was die Ergebnisse beeinflussen kann. Zum Lösen einer Textaufgabe ist eine ausreichend hohe Lesekompetenz nötig, die diese Schüler unter Umständen nicht aufweisen.

8 Forschungsdesign

Das Ziel dieser Studie ist zu klären, welchen Einfluss unterschiedliche, gezielt variierte Aufgabenkontexte auf Schülervorstellungen zu Natürlicher Selektion respektive Anpassung haben. Die Schülervorstellungen werden aus den schriftlichen Erklärungen der Schüler rekonstruiert. Sie sind nicht direkt ersichtlich, sondern immer das Ergebnis eines Interpretationsprozesses. Sofern in dieser Arbeit also von Schülervorstellungen gesprochen wird, sind damit immer die Ergebnisse der Interpretation der schriftlichen Schülererklärungen gemeint.

Ebenso soll geklärt werden, inwiefern weitere Faktoren wie die Lesekompetenz, die Religiosität und das Wissenschaftsverständnis Schülervorstellungen zu Natürlicher Selektion respektive Anpassung beeinflussen. In diesem Zusammenhang wird zunächst erhoben, welche Vorstellungen zu evolutionären Prozessen bei den Probanden vorhanden sind.

Für diese Arbeit ergeben sich daher folgende Fragestellungen:

I. Über welche Vorstellungen zu evolutionären Prozessen verfügen die untersuchten Schüler der 8. und 9. Jahrgangsstufe, die nicht formal zum Thema Evolution unterrichtet wurden?

II. Inwiefern unterscheiden sich die Vorstellungen der untersuchten Schüler zu Natürlicher Selektion und Anpassung in Abhängigkeit vom Aufgabenkontext?

III. Welchen Einfluss auf die Erklärungen der Schüler haben weitere Faktoren, wie a. Religiosität, b. Wissenschaftsverständnis und c. Lesekompetenz?

Mithilfe einer kognitionslinguistischen Analyse, die auf der Theorie des erfahrungsbasierten Verstehens (Lakoff 1987) basiert, wurden von Weitzel & Gropengießer (2009) zwei kognitive Modelle zum lebensweltlichen Verständnis von „Anpassung“ (Weitzel & Gropengießer 2009) und „Auslese“ entwickelt. Diese Modelle wurden bereits in einer explorativen Studie (Betzitza 2013) dazu verwendet, Kontextfacetten zu

identifizieren, die es Schülern möglicherweise erleichtern oder erschweren, evolutionsbezogene Aufgabenstellungen als solche zu erkennen. Für die vorliegende Studie wurden nun weitere potentiell bedeutsame Kontextfacetten durch eine Reanalyse relevanter Studien gewonnen. Anhand dieser Kontextfacetten wurden offene Aufgaben entwickelt. Für die begleitende Testung des Wissenschaftsverständnisses, der Religiosität und des Leseverständnisses wurden verfügbare Instrumente ausgewählt und gegebenenfalls für die Verwendung in dieser Studie angepasst (Kapitel 8.3.). Es folgte die Testung, die von Januar bis Juli 2015 stattfand. Zur Auswertung der offenen Aufgaben wurde ein Kodierleitfaden entwickelt (siehe Anhang). Eine statistische Analyse wurde mit SPSS (IBM) durchgeführt.

8.1 Forschungsfragen und Hypothesen

Aufgrund der Ergebnisse anderer Studien, die in Kapitel 4.2. näher erläutert wurden, wird vermutet, dass die Gestaltung des Kontextes einer Aufgabe beeinflussen kann, wie Schüler ein darin präsentiertes Phänomen beziehungsweise Problem auffassen und darauf aufbauend erklären. Dabei wird davon ausgegangen, dass Schüler Aufgaben zu einem Evolutionsphänomen unterschiedlich bearbeiten und Aufgabenkontexte als Trigger wirken können, die dazu führen, dass wahrscheinlicher bestimmte Erklärungen abgerufen werden.

In diesem Kapitel werden die Teilfragen und die dazugehörenden Hypothesen vorgestellt, die zum Teil aus den Ergebnissen anderer Studien wie auch den in Kapitel 4.2.4. vorgestellten ICMs abgeleitet wurden. Eine Zuordnung der Forschungsfragen zum jeweiligen Aufgabenset erfolgt über Buchstaben. Es erhalten beispielsweise Forschungsfragen, die mithilfe von Aufgabenset B geklärt werden sollen, den Buchstaben B. Aufgabenset A wird als Vergleichsgruppe eingesetzt, aus diesem Grund gibt es für dieses Aufgabenset keine expliziten Forschungsfragen und Hypothesen. Die Aufgabensets werden in Kapitel 8.3.1. näher erläutert und befinden sich im Anhang dieser Arbeit.

Forschungsfrage I¹ wird nicht in Teilfragen untergliedert. Die Teilfragen die zu den Forschungsfragen II und III gestellt werden, werden folgend erläutert.

¹I. Über welche Vorstellungen zu evolutionären Prozessen verfügen die untersuchten Schüler der 8. und 9.Jahrgangsstufe, die nicht formal zum Thema Evolution unterrichtet wurden?

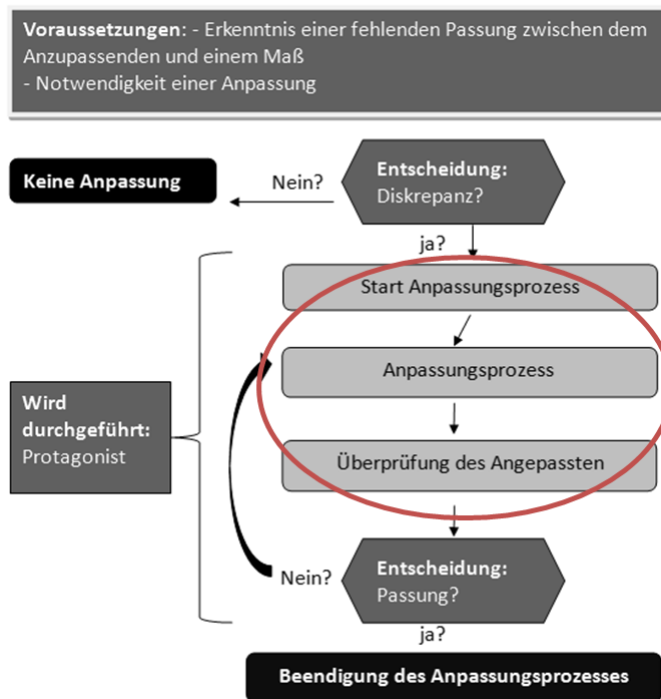


Abbildung 8.1: Verortung der Teilfrage B im idealisierten kognitiven Modell der gezielten Gegenstandsanpassung

8.1.1 Teilfragen zu Forschungsfrage II

B: Welchen Einfluss auf Schülervorstellungen zu Natürlicher Selektion und Anpassung hat die Nennung des Anfangs- und Endzustandes eines evolutionären Prozesses gegenüber der alleinigen Nennung des Endzustandes?

Kampourakis und Zogza (2008) stießen bei der Ausarbeitung ihrer Daten darauf, dass Aufgaben, in denen nur der Endzustand eines evolutionären Prozesses beschrieben war, von den Probanden anders beantwortet wurden, als Aufgaben, in denen der Anfangs- und Endzustand beschrieben wurde. Bei Angabe von Anfangs- und Endzustand wurden häufiger proximate Erklärungen gegeben. Da sich die von ihnen verwendeten Aufgaben jedoch in weiteren Kontextfaktoren unterschieden, waren Kampourakis und Zogza nicht in der Lage, Erklärungen für das Ergebnis zu entwickeln.

8 Forschungsdesign

Lebensweltlich ist Anpassung als eindimensionaler Prozess konzeptualisiert, bei dem ein nicht angepasstes Objekt (Anfangszustand) durch Bearbeitung zu einem angepassten Objekt (Endzustand) zugerichtet wird (vgl. Kapitel 4.2.4. und Abbildung 8.1.). Die Angabe von Anfangs- und Endzustand eines evolutionären Anpassungsprozesses in einer Aufgabe verweist damit auf wesentliche Strukturmerkmale des lebensweltlichen Modells *Gezielte Gegenstandsanpassung*. Trifft dies zu, dann sollten Schüler anders als von Kampourakis und Zogza beschrieben, in solchen Aufgaben vergleichsweise häufiger im Sinne des ICM *Gezielte Gegenstandsanpassung* argumentieren (vgl. Abbildung 4.3., 53). Bei Angabe lediglich des Anfangs- oder des Endzustandes fällt ein strukturierendes Merkmal des ICM *Gezielte Gegenstandsanpassung* weg, das als Erkennungsmerkmal für dessen Anwendung dienen kann. In solchen Aufgaben konkurriert das kognitive Modell zur Anpassung mit weiteren verkörperten Vorstellungen, die keinen Bezug zu Anpassung haben. Dazu zählt beispielsweise im Falle der Farbänderung der Birkenspanner die Verfärbung durch die Ablagerung von Dreck (Weitzel, 2006). In solchen Aufgaben ist zu erwarten, dass die Antworten der Schüler stärker streuen, da auch Antworten ohne biologischen - und im engeren Sinne evolutionsbiologischen - Bezug möglich werden, die von Kampourakis und Zogza (2008) als proximate Erklärungen (vgl. Kapitel 4.2.1.) zusammengefasst werden. Daraus leiten sich folgende Hypothesen ab:

H(B1): Bei Nennung des Anfangs- und Endzustandes eines evolutionären Prozesses wird wahrscheinlicher eine Erklärung gewählt, die sich der gezielten Gegenstandsanpassung bezieht, als wenn ausschließlich der Endzustand des Prozesses beschrieben wird.

H(B2): Bei Nennung des Endzustandes sinkt die Wahrscheinlichkeit der Identifikation des ICM Gezielte Gegenstandsanpassung, sodass andere Vorstellungen vergleichsweise häufiger auftreten.

Diesem Ansatz entsprechend wurden die Aufgaben dahingehend variiert, dass entweder der Anfangs- und Endzustand eines evolutionären Prozesses beschrieben wird oder nur der Endzustand des Prozesses (Aufgabenset B).

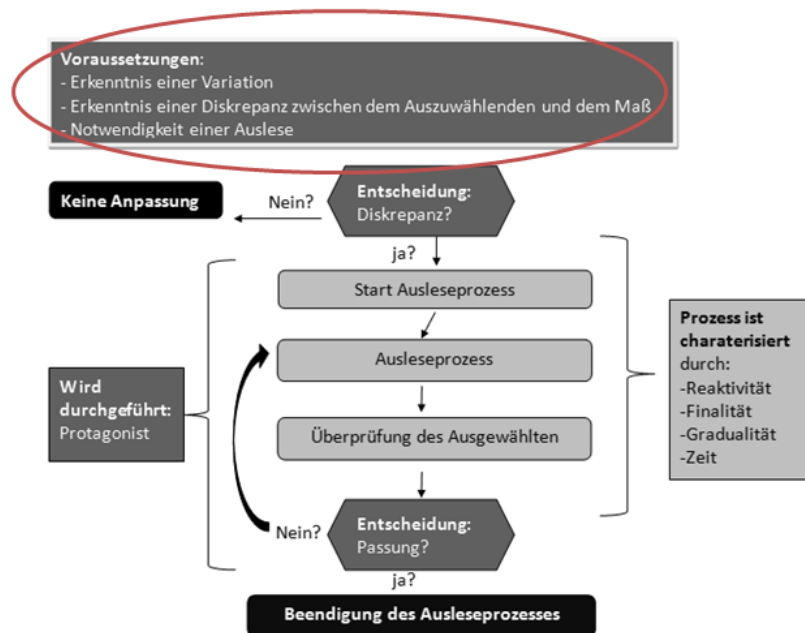


Abbildung 8.2: Verortung der Teilfrage C im Idealisierten kognitiven Modell der Auslese

C: Welchen Einfluss auf Schülervorstellungen hat die Beschreibung von Variation zwischen Lebewesen?

Lebensweltlich kann Anpasstheit durch gezielte Anpassung eines Gegenstandes (ICM *Gezielte Gegenstandsanzpassung*) oder durch Auswahl eines geeigneten Gegenstandes aus einer Gruppe unterschiedlicher Objekte erreicht werden (ICM *Auslese*) (vgl. Kapitel 4.2.4.). Auf welches ICM wir zurückgreifen, um Verständnis in abstrakten Bereichen zu erlangen, hängt vom Grad individueller Erfahrung ab und damit davon, welche Merkmale in einer Aufgabe als relevant für die Beantwortung identifiziert werden. Wenn in einer Aufgabe Hinweise auf Unterschiede zwischen Objekten in einer Gruppe von Objekten gegeben sind, dann sollte dies die Wahrscheinlichkeit vergrößern, dass Schüler diese Information aufnehmen und als bedeutsam für die Lösung der Aufgabe identifizieren. Wenn die entsprechenden Voraussetzungen gegeben sind, steigt also die Wahrscheinlichkeit, dass Schüler Antworten entsprechend dem Modell *Auslese* suchen (vgl. Abbildung 8.2.).

In einer vorigen explorativen Studie konnte gezeigt werden, dass der Hinweis auf

8 Forschungsdesign

Variation in der Aufgabe bereits von einigen Schülern ohne Evolutionsunterricht erkannt und für einen Ausleseprozess genutzt wurde (Betzitza, 2013, 334-339). Daraus lässt sich folgende Hypothese ableiten:

H(C1): Bei Hinweis auf Variation in einer Population in der Aufgabe ist die Zahl von Vorstellungen, die sich des ICM Auslese bedienen, vergleichsweise größer als in Aufgaben ohne diese Differenzierung.

D: Welchen Einfluss hat die Wahl unterschiedlicher Taxa?

Unter anderem bei Engel-Clough und Wood-Robinson (1985), Ha, Lee und Cha (2006) und Brennecke (2014) findet sich der Hinweis darauf, dass die gewählten Taxa eine Rolle bei der Beantwortung von Aufgaben spielen. Dies scheint einen Einfluss darauf zu haben, ob Schüler stärker lebensweltliche Vorstellungen äußern oder eine Vorstellung wählen, die eine größere Nähe zu wissenschaftlichen Vorstellungen besitzt (Engel Clough & Wood-Robinson, 1985; Nehm & Ha, 2011). Weitere Studien zeigen, dass auch die Zuschreibung als *lebendiger* Organismus an dieser Stelle eine Rolle spielen kann. Dies findet sich beispielsweise bei Palmer (1996). Er konnte zeigen, dass Pflanzen von Schülern nicht als *lebendig* wahrgenommen werden und daher auch keinen Anpassungsprozess durchlaufen können. Kampourakis und Zozga (2008) fanden in ihrer Studie ebenfalls Unterschiede in der Beantwortung, die sie auf die Verwendung verschiedener Organismen zurückführen. Für sie liegt die Erklärung darin, dass in manchen Aufgaben Organismen verwendet wurden, die den Probanden vertrauter waren. In anderen Aufgaben wurden Organismen verwendet, die für die Probanden fremd waren. Eine mögliche Erklärung dafür wäre, dass vertraute Organismen anthropomorphes Denken begünstigen könnten und damit zu anderen Erklärungen führt (Brennecke, 2014).

Wie bei Weitzel und Gropengießer (2009) beschrieben, könnte relevant sein, ob einem Lebewesen die Fähigkeit zur bewussten Erkenntnis ihrer Lage zu- oder abgesprochen wird. Ist diese *Anpassungserkenntnis* gegeben, kann ein Lebewesen die Diskrepanz zwischen Anzupassendem und Maß erkennen und gegebenenfalls einen Anpassungsprozess initiieren. Ist das Lebewesen nicht dazu in der Lage, seine Situation bewusst zu erfassen, kann an dessen Stelle unter Umständen der Körper die Rolle des weisen Handelnden übernehmen, der Informationen aufnimmt, diese bewertet und sinnvoll reagiert (*Körperweisheit*). Davon abhängig stellt sich die Frage, ob bestimmten Lebewesen wahrscheinlicher eine *Anpassungserkenntnis* oder eine *Körperweisheit* zugeschrieben wird als anderen. Im ICM *Gezielte Gegenstandsangepassung* stellt

8.1 Forschungsfragen und Hypothesen

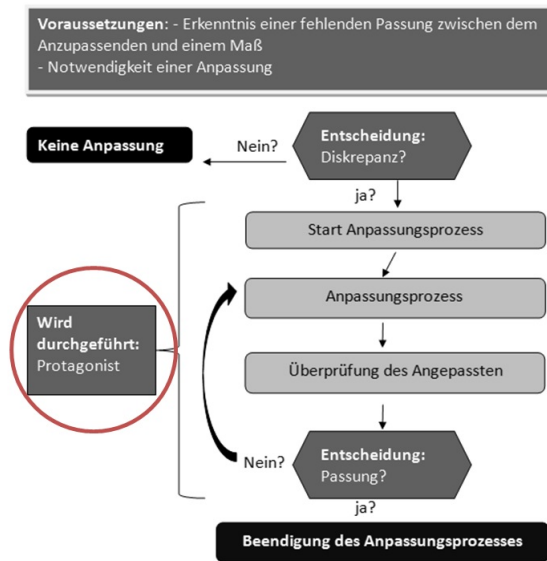


Abbildung 8.3: Verortung der Teilfrage D im idealisierten kognitiven Modell der gezielten Gegenstandsanpassung

die Anpassungserkenntnis eine wichtige Voraussetzung dar, die einem Protagonisten zugeschrieben oder abgesprochen wird (vgl. Abbildung 8.3.). Demzufolge lassen sich daraus folgende Hypothesen ableiten:

H(D1): Lebewesen, die den Schülern vertraut sind, werden wahrscheinlicher die Fähigkeit zur Erkenntnis der eigenen Situation (Anpassungserkenntnis) und eine daraus abgeleitete Notwendigkeit zur Anpassung zugeschrieben.

H(D2): Wenn einem Lebewesen die Fähigkeit zu einer Anpassungserkenntnis zugeschrieben wird, steigt die Wahrscheinlichkeit der Identifikation mit dem ICM der Gezielten Gegenstandsanpassung, so dass Vorstellungen, die sich diesem bedienen vergleichsweise häufiger auftreten.

H(D3): Manchen Lebewesen wird wahrscheinlicher die Fähigkeit abgesprochen, ihre Situation bewusst zu erkennen. Anstatt dessen nimmt der Körper Informationen auf, bewertet sie und reagiert sinnvoll im Sinne einer Anpassung (Körperweisheit).

E: Welchen Einfluss hat die Beschreibung eines Selektionsdrucks im Aufgabenkontext?

Nach der *Gezielten Gegenstandsanpassung* ist die Notwendigkeit einer Anpassung Voraussetzung für einen Anpassungsprozess. Ist keine Notwendigkeit gegeben, erfolgt auch keine Anpassung. Die Notwendigkeit einer Anpassung kann aus einem beschriebenen Räuber-Beute-Verhältnis abgeleitet werden und erhöht die Wahrscheinlichkeit der Wahl des ICMs der *Gezielten Gegenstandsanpassung*. Die Anwesenheit eines Räubers übt einen Anpassungsdruck auf die Beute aus, die nach dieser Vorstellung in der Notwendigkeit einer Anpassung resultiert. Dies schließt eine Diskrepanz zwischen dem anzupassendem Objekt und dem Maß ein und offenbart damit eine weitere Verortung im ICM der *Gezielten Gegenstandsanpassung*. Dabei wird ein in der Aufgabe beschriebener *Selektionsdruck* umgedeutet als *Anpassungsdruck*. Ein Selektionsdruck kann im evolutionsbiologischen Sinne nur verstanden werden, wenn eine Selektion auf der Grundlage von Variation erkannt wird. Wird in der Aufgabe jedoch kein *Selektionsdruck*, der als *Anpassungsdruck* umgedeutet werden kann, beschrieben, erfolgt auch keine Anpassung, weil die Notwendigkeit dafür fehlt. Folgende Hypothese lässt sich daraus ableiten:

H(E1): Wenn im Aufgabenkontext Hinweise auf eine Diskrepanz zwischen anzupassendem Objekt und Maß fehlen, dann sinkt die Wahrscheinlichkeit, dass die Kognitiven Modelle der Gezielten Gegenstandsanpassung und Auslese zur Beantwortung herangezogen werden.

Wenn die Aufgabe jedoch den Anfangs- und Endzustand eines Anpassungs- respektive Ausleseprozesses beschreibt und damit einen abgelaufenen Anpassungs- respektive Ausleseprozess impliziert, stellt sich unter Umständen die Frage nach der Ursache und der Notwendigkeit einer Anpassung (vgl. Abbildung 8.4.). In diesen Fällen findet eine starke Fokussierung auf die Frage des „Warum“ statt. Damit stellen kognitive Modelle Entitäten dar, deren fehlende Merkmale bei ihrer Verwendung rekonstruiert werden, falls die Wahl auf sie fällt, was in diesem Fall in der Beschreibung einer Anpassungsnotwendigkeit resultiert. Folgende Hypothese lässt sich daraus ableiten:

H(E2): Wenn über die Angabe von Anfangs- und Endzustand eines Prozesses Konzeptualisierungen im Sinne des ICM der Gezielten Gegenstandsanpassung nahegelegt werden, dann nimmt die Wahrscheinlichkeit zu, dass weitere Elemente des ICM (z.B. Anpassungsnotwendigkeit) rekonstruiert werden.

8.1 Forschungsfragen und Hypothesen

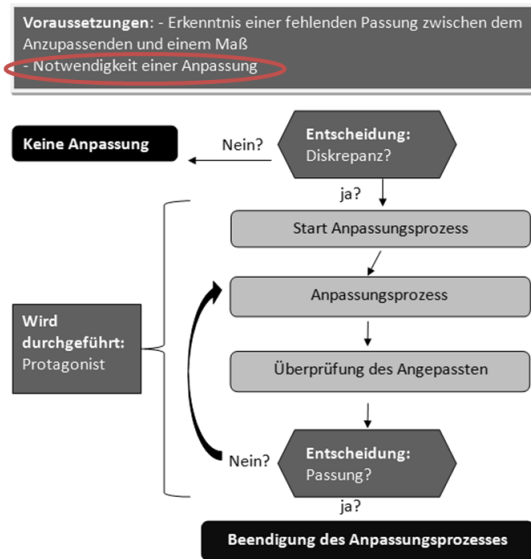


Abbildung 8.4: Verortung der Teilfrage E im idealisierten kognitiven Modell der gezielten Gegenstandsanpassung

8.1.2 Teilfragen zu Forschungsfrage III

Anschließend werden die Teilfragen zu den weiteren Einflussfaktoren (a. Religiosität, b. Wissenschaftsverständnis und c. Leseverständnis) erläutert.

8.1.2.1 a. Religiosität

Zunächst soll die Religiosität der Stichprobe analysiert und in Beziehung zu Angaben der Religionszugehörigkeit gesetzt werden. Daraus ergeben sich folgende Teilfragen und Hypothesen:

R1: Welcher Zusammenhang kann zwischen der ermittelten Religiosität und der Religionszugehörigkeit der Probanden gefunden werden?

R1H1: Muslimische Schüler erreichen höhere Werte in der Religiosität als Angehörige anderer Konfessionen (vgl. u.a. Lammert 2012)

R2H2: Schüler, die keiner Religionsgemeinschaft angehören, erreichen niedrigere Werte in der Religiosität (vgl. u.a. Lammert 2012).

8 Forschungsdesign

Wenn sich signifikante Unterschiede in der Religiosität abhängig von der Religionszugehörigkeit finden lassen, muss dies in den weiteren Analysen berücksichtigt werden. Es könnte dann angebracht sein, Gruppen, die eine deutlich höhere Religiosität aufweisen isoliert zu betrachten oder mit anderen Gruppen zu vergleichen. Anschließend soll untersucht werden, ob es zwischen der Religiosität der Probanden und ihren Vorstellungen zu evolutionären Prozessen Zusammenhänge gibt. Daraus ergeben sich folgende Fragen:

R2: Wählen stärker religiöse Probanden seltener fachlich orientierte Vorstellungen, um einen evolutionären Wandel zu erklären als weniger religiöse Probanden?

R2H1: Religiöse Probanden zeigen seltener fachlich orientierte Vorstellungen (vgl. u.a. Miller et al. 2006).

R3: Wählen Angehörige bestimmter Religionsgemeinschaften seltener fachlich orientierte Vorstellungen um einen evolutionären Wandel zu erklären?

R3H1: Muslimische Schüler wählen seltener fachlich orientierte Vorstellungen als Schüler, die einer anderen Konfession angehören oder konfessionslose Schüler (vgl. u.a. Miller et al. 2006).

R3H2: Konfessionslose Schüler wählen häufiger fachlich orientierte Vorstellungen (vgl. u.a. Miller et al. 2006).

Des Weiteren soll geklärt werden, ob es einen Zusammenhang zwischen der Religiosität der Probanden und ihrem Wissenschaftsverständnis gibt:

R4: Welcher Zusammenhang besteht zwischen der Religiosität der Probanden und ihrem Wissenschaftsverständnis?

R4H1: Sehr religiöse Schüler verfügen über ein geringeres Wissenschaftsverständnis als weniger religiöse Schüler (vgl. Lammert 2006).

8.1.2.2 b. Wissenschaftsverständnis

Es soll zunächst geklärt werden, ob sich die Schüler der unterschiedlichen Jahrgangsstufen und Schularten in ihrem Wissenschaftsverständnis signifikant unterscheiden. Daraus resultieren folgende Fragen:

8.1 Forschungsfragen und Hypothesen

W1: Unterscheiden sich die Schüler der Jahrgangsstufe 8 und 9 signifikant in ihrem Wissenschaftsverständnis?

W1H1: Schüler der Jahrgangsstufe 8 erreichen ein geringes Wissenschaftsverständnis als Schüler der Jahrgangsstufe 9, da diese mehr naturwissenschaftlichen Unterricht erlebt haben (vgl. u.a. Kremer 2010).

W2: Unterscheiden sich die Schüler der unterschiedlichen Schularten signifikant in ihrem Wissenschaftsverständnis?

W2H1: Schüler der Werkrealschule erreichen ein signifikant geringeres Wissenschaftsverständnis als die Schüler der anderen Schularten (vgl. u.a. Kremer 2010).

W2H2: Schüler des Gymnasiums erreichen das signifikant höchste Wissenschaftsverständnis (vgl. u.a. Kremer 2010).

Wenn hier Unterschiede bei den Jahrgangsstufen und Schularten gefunden werden, muss dies bei der Analyse des Einflusses des Wissenschaftsverständnisses auf die Vorstellungen von Evolution berücksichtigt werden. Anschließend soll geklärt werden, welchen Einfluss das Wissenschaftsverständnis auf Vorstellungen von Evolution nimmt. Dafür sollen folgende Fragen geklärt werden:

WE: Lässt sich ein signifikanter Zusammenhang zwischen Wissenschaftsverständnis und den Vorstellungen von evolutionären Prozessen finden?

WEH1: Schüler mit einem höheren Wissenschaftsverständnis haben auch ein fachlich angemesseneres Verständnis von Evolution als Schüler mit einem niedrigen Wissenschaftsverständnis (vgl. Kim und Nehm 2011).

8.1.2.3 c. Leseverständnis

Als weiterer möglicher Einflussfaktor wird das Leseverständnis in Betracht gezogen. Zunächst soll auch hier untersucht werden, ob sich innerhalb der Stichprobe Unterschiede ausmachen lassen. Dafür sollen folgende Fragen geklärt werden:

L1: Inwieweit unterscheiden sich die Ergebnisse der Schüler der unterschiedlichen Schularten im Leseverständnis?

L1(H1): Schüler des Gymnasiums erreichen signifikant höhere Werte als die Schüler der

8 Forschungsdesign

anderen Schularten (Prenzel, 2013).

L1(H2): Schüler der Realschule erreichen signifikant höhere Werte als die Schüler der Werkrealschule (Prenzel, 2013).

L2: Inwieweit unterscheiden sich die Ergebnisse der 8. und 9.Jahrgangsstufen signifikant im Leseverständnis?

L2(H1): Die Schüler der 9.Jahrgangsstufe erreichen signifikant höhere Werte als die Schüler der 8.Jahrgangsstufe.

Wenn diese Hypothesen bestätigt werden können, muss dies bei der Analyse der anderen Testverfahren Berücksichtigung finden. In diesem Fall sollten, die Gruppen in der Auswertung getrennt betrachtet werden, um mögliche Effekte aufzudecken.

Anschließend soll geklärt werden, ob ein Zusammenhang zwischen dem Leseverständnis und dem Verständnis von Evolution zu finden ist. Das Testverfahren basiert auf schriftlichen Aufgaben, die je nach Aufgabe einen Umfang von bis zu 92 Wörtern haben. Diese müssen kodiert, in einen Zusammenhang gesetzt und in vollem Umfang inhaltlich erfasst werden, um sie inhaltlich angemessen beantworten zu können. Wie in Kapitel 7.2. erklärt, können besonders schwache Leser hier Schwierigkeiten haben, die jedoch nicht in einem mangelnden Verständnis evolutionärer Prozesse begründet liegen, sondern in einer nicht ausreichenden Lesekompetenz. Es resultieren daraus folgende Fragen:

L3: Beeinflusst die Lesekompetenz die Bearbeitung des Evolutionsbogens?

L3(H1): Lesekompetentere Schüler erreichen bei der Bearbeitung der Aufgaben mit dem Hinweis auf Variation einen höheren Wert im Evolutionsscore², da sie eher dazu in der Lage sind den gegebenen Hinweis aufzunehmen und für ihre Argumentation zu nutzen.(vgl. Hartmann 2013)

Auch die Ergebnisse aus diesem Teilaspekt der Studie müssen bei der Auswertung der anderen Testinstrumente berücksichtigt werden.

²Eine Erläuterung über den Evolutionsscore befindet sich in Kapitel 8.3.1.

8.2 Beschreibung der Stichprobe und der Durchführung

Die Untersuchung wurde an acht Schulen von Januar bis Juli 2015 durchgeführt. Insgesamt wurden 852 Schüler befragt. Die Stichprobe setzt sich aus 91 Schülern zweier Werkrealschulen, 395 Schüler von vier unterschiedlichen Realschulen und 366 Schülern aus zwei Gymnasien zusammen (vgl. Abbildung 8.5.). Alle untersuchten Schulen liegen in Baden-Württemberg. Das Verhältnis der Teilstichproben ähnelt dem Verhältnis der Schulwahl in Baden-Württemberg im Jahr 2016 (Statistisches Landesamt Baden-Württemberg, 2016). Jedoch unterscheidet sich die Stichprobe dahingehend, dass im Vergleich etwas zu viele Realschüler und damit verbunden zu wenig Gymnasiasten vertreten sind und andere Schularten, wie die Gemeinschaftsschule komplett ausgespart wurden. Zu dem Zeitpunkt der Untersuchung war die Gemeinschaftsschule in Baden-Württemberg noch nicht bis in die 8. beziehungsweise 9. Jahrgangsstufe hochgewachsen, weswegen hier keine Untersuchung stattfinden konnte. In allen Schulformen wurden sowohl Schüler der 8. als auch der 9. Jahrgangsstufe ohne unterrichtsbasierte Vorkenntnisse zu Evolution befragt.

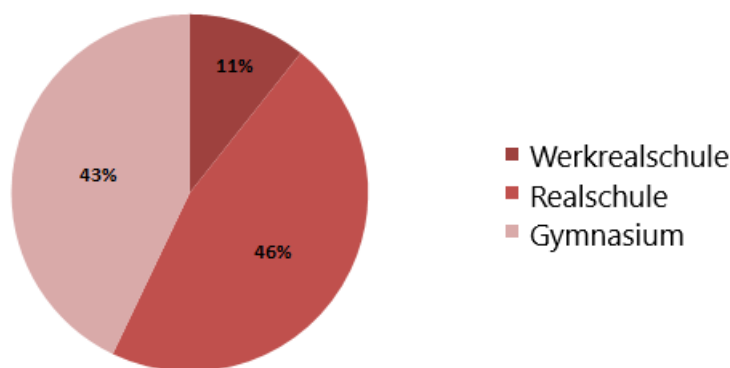


Abbildung 8.5: Verteilung der unterschiedlichen Schularten in der Gesamtstichprobe

Bei allen Schülern wurde im Vorfeld das Einverständnis der Erziehungsberechtigten mithilfe eines Elternbriefs abgefragt (siehe Anhang). In allen Schulen wurde die Befragung innerhalb von 90 Minuten durchgeführt. Neben dem Testleiter war in der Regel der Fachlehrer der Klasse anwesend. Nach einer kurzen Einführung, in der die Studie und der Testleiter vorgestellt wurden, wurden die Schüler aufgefordert,

einen individuellen Code zu erstellen, um die jeweiligen Testverfahren einer Person zuordnen zu können. Das erste Testverfahren war an allen Standorten der LGVT 6-12 (Messung der Lesekompetenz). Dabei wurde wie im Manual aufgeführt vorgegangen. Anschließend bearbeiteten die Schüler den Testbogen zur Evolution (40min), der 5 Aufgaben umfasst (siehe Anhang bzw. Kapitel 8.3.1.). Im Anschluss wurde der Bogen zum Wissenschaftsverständnis und der Religiosität (jeweils 15 Minuten) beantwortet. Eine Abgabe der Testbögen vor dem Ende der jeweiligen Testzeit war nicht möglich.

8.3 Erhebungs- und Auswertungsmethoden

In den folgenden Kapiteln werden die verwendeten Erhebungsinstrumente dargestellt. Die Schülervorstellungen zu ausgewählten Aspekten der Evolution wurden mithilfe eines eigens dafür entwickelten Instrumentes erhoben. Für die Erhebung des Wissenschaftsverständnisses wurde ein Testinstrument von Kerstin Kremer (2010) gekürzt und für diese Studie angepasst. Die Religiosität wurde mit einer gekürzten Variante des Religionsmonitors von Huber (2006) gemessen. Für die Testung der Lesekompetenz wurde der LGVT 6-12 verwendet.

8.3.1 Vorstellungen zu Anpassung und Auslese

Zunächst wird das Testinstrument vorgestellt und im Anschluss die Auswertungsmethode erklärt. Die darauf folgenden Kapitel widmen sich der Aufbereitung der Daten und Vorstellung der Gütekriterien. Für die Auswertung wurden Scores gebildet, die im Anschluss beschrieben werden.

8.3.1.1 Erhebungsmethode

Ziel der Studie ist es, herauszufinden, ob sich die Erklärungen der Schüler abhängig vom Aufgabenkontext unterscheiden und damit und welche Kontexte konkret welche Erklärungsmuster begünstigen. Dafür wurde ein Fragebogen mit offenen Aufgaben entwickelt. Lösungswege oder -alternativen sind daher nicht vorgegeben, was einen differenzierten Einblick in die Vorstellungen der Schüler ermöglicht (Hammann & Jördens, 2014, 169). Geschlossene Aufgaben ermöglichen außerdem keine Einblicke in die individuelle Denk- und Argumentationsweise. Die Beantwortung offener Aufgaben erfordert das aktive Hervorbringen und Konstruieren von Bedeutungszusammenhängen, was für diese Arbeit im Hinblick auf die Forschungsfragen relevant

8.3 Erhebungs- und Auswertungsmethoden

ist (Hammann & Jördens, 2014, 169-170). Die Aufgaben wurden dabei zum Teil aus verschiedenen anderen Studien entnommen und für den Einsatz in dieser Studie angepasst und weiterentwickelt (vgl. Tabelle 8.1.).

Tabelle 8.1: Verwendete Aufgaben und ihre Quellen

Aufgabe	Quelle
Schleiereule & Maus (wie in Bogen A verwendet)	Jiménez-aleixandre (1992, 60)
Gepard (wie in Bogen A verwendet)	Bishop, B. , Anderson, C.W. (1990, 418)
Mauereidechse	Nehm und Ha (2011)
Hausmäuse	Jiménez-aleixandre (1992, 60)
Guppys	Entwickelt aus Futuyma (2007)

Die Aufgabenkontexte wurden im Hinblick auf die Hypothesen gezielt variiert und auf die dementsprechenden Aufgabensets verteilt. Tabelle 8.2. gibt ein Beispiel für die gezielte Aufgabenvariation im Hinblick auf die unterschiedlichen Aufgabenkontexte.

Es enthält:

- das Aufgabenset A keine weiteren Hinweise (Vergleichsgruppe)
- das Aufgabenset B nur Aufgabenkontexte, die so variiert sind, dass ausschließlich der Endzustand des Anpassungsprozesses beschrieben wird.
- das Aufgabenset C nur Aufgabenkontexte, die zusätzliche Information zu einer intraspezifischen Variation enthalten.
- das Aufgabenset D Aufgabenkontexte, bei denen die Lebewesen im Vergleich zum Aufgabenset A variiert wurden (beispielsweise statt der Mauereidechse eine Pflanze, der Kaktus).
- das Aufgabenset E nur Aufgabenkontexte ohne einen in der Aufgabe beschriebenen Selektionsdruck.

Eine detaillierte Darstellung der Aufgabenmatrix befindet sich im digitalen Anhang dieser Arbeit ³. Im Anhang sind auch alle Aufgabensets zu finden ⁴. Für die Testung wurden die Aufgaben in Testheften organisiert und bezüglich ihrer Position randomisiert, um mögliche verzerrende Effekte durch eine bestimmte Aufgabenreihenfolge zu verhindern.

³Anhang F Aufgabenmatrix

⁴ohne Randomisierung

Tabelle 8.2: Beispiel für die gezielte Aufgabenvariation

Set	Variation	Lebewesen	Anfangs- /Endzustand	Selektions- druck	Item
A	keine Variation	Tier	Anfangs- & Endzustand	Jäger-Beute	Mauereidechsen haben Krallen. Dadurch können sie schneller an Mauern hochklettern und so Fressfeinden besser entkommen. Wie erklärst du dir, wie sich diese Eidechsen aus Vorfahren entwickelt haben, die keine Krallen hatten?
B	keine Variation	Tier	Endzustand	Jäger-Beute	Mauereidechsen haben Krallen. Dadurch können sie schneller an Mauern hochklettern und so Fressfeinden besser entkommen. Wie erklärst du dir die Existenz der Krallen bei Mauereidechsen?
C	Variation	Tier	Anfangs- & Endzustand	Jäger-Beute	Die meisten Mauereidechsen haben Krallen. Dadurch können sie schneller an Mauern hochklettern und so Fressfeinden besser entkommen. Wie erklärst du dir, wie sich diese Eidechsen aus Vorfahren entwickelt haben, die nur selten Krallen hatten?
D	keine Variation	Pflanze	Anfangs- & Endzustand	Jäger-Beute	Der Säulenkaktus hat Dornen. Dadurch kann er Fressfeinde besser abwehren. Wie erklärst du dir, wie sich diese Kakteen aus Vorfahren entwickelt haben, die keine Dornen hatten?
E	keine Variation	Tier	Anfangs- & Endzustand	keiner	Mauereidechsen haben Krallen. Wie erklärst du dir, wie sich diese Eidechsen aus Vorfahren entwickelt haben, die keine Krallen hatten?

8.3.1.2 Auswertungsmethode

Für eine quantitative Auswertung der Daten ist es unerlässlich, die Antworttexte zu kodieren und damit zu transformieren. Die Antworten werden hierfür zu einer Antwortkategorie zugeordnet und damit in Zahlen überführt. Zunächst sind dazu eine Kategorienbildung und die Erstellung eines Kodierleitfadens nötig. Dazu müssen Auswertungskategorien gefunden werden, die sowohl theoretisch begründbar, wie auch empirisch sinnvoll sind (Hammann & Jördens, 2014, 170-171).

Dafür wurden in dieser Studie einige Kategorien mithilfe der Theorie des Erfahrungsbasierten Verstehens deduktiv festgelegt. Andere Kategorien konnten aus einer vorhergehenden qualitativen Studie (Betzitza 2013) übernommen werden. Es wurden jedoch auch Kategorien induktiv aus dem Material der Studie gewonnen. Die Kodiereinheit bezieht sich immer auf eine Sinneinheit und damit auf einen Hauptgedanken beziehungsweise eine in sich geschlossene Aussage. Das kann bei manchen Probanden jeweils ein einziger Hauptgedanke pro Aufgabe sein, andere Probanden äußern zu einer Aufgabe mehrere Hauptgedanken.

Das daraus entstandene Kodiersystem wurde in mehreren Kodierdurchläufen getestet und weiterentwickelt. Die Ankerbeispiele des Kodierleitfadens stammen sowohl aus der vorhergehenden qualitativen Studie als auch aus den ersten Kodierdurchläufen der schriftlichen Aufgaben. Ein Ausschnitt des Kodierleitfadens ist in Abbildung 8.6. zu sehen⁵. Jede Schülerantwort wird mithilfe des Kodierleitfadens kodiert. Dieser ist folgendermaßen strukturiert:

Zunächst muss entschieden werden ob die Aussagen zu den vier Analyseperspektiven zugeordnet werden können:

- 1 Argumentationsebene
- 2 Evolutionäre Erklärungen
- 3 Nichtevolutionäre Erklärungen
- 4 Aussagen zur Genetik

⁵Der komplette Kodierleitfaden befindet sich im digitalen Anhang dieser Arbeit unter B. Leitfaden Kodierung

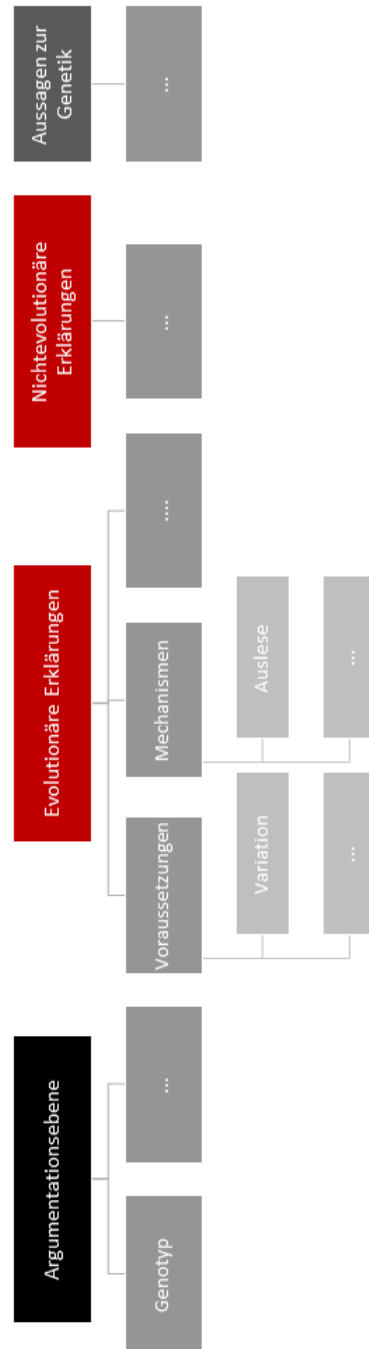


Abbildung 8.6: Beispielhafter Ausschnitt aus dem Kodierleitfaden

Diese Analyseperspektiven wurden aus dem theoretischen Rahmen (vgl. Kapitel 4) abgeleitet. Um eine fachlich angemessene Erklärung für eine Veränderung geben zu können, muss die Variation in einer Population erkannt werden. Diese basiert auf Unterschieden im Genotyp, die sich über den Phänotyp zeigen können (vgl. Kapitel 4.1.2.). Darwin konnte die Ursache für die phänotypische Unterschiede nicht erklären, nahm sie jedoch als wichtige Voraussetzung für seine Theorie an (vgl. Kapitel 4.1.1.). Halldén (1988) beschreibt in seiner Studie, dass diese Verbindung zwischen Genotyp und Phänotyp für die Schüler eine Hauptschwierigkeit darstellt. Daher muss zunächst entschieden werden, ob die Schüler auf Ebene des Genotyps oder des Phänotyps argumentieren (1.Argumentationsebene). Anschließend wird entschieden, ob evolutionäre Erklärungen oder nichtevolutionäre Erklärungen in den Schüleraussagen zu finden sind. Verschiedene Studien (vgl. 4.2.2.) zeigen, dass Schüler inkonsistent antworten. Dies bedeutet, dass sie bei verschiedenen Aufgaben unterschiedliche Erklärungen wählen (u.a. Brennecke, 2014). Dabei muss unterschieden werden, ob die Schüler Antworten wählen, die dazu geeignet sind einen evolutionären Wandel zu erklären (2.Evolutionäre Erklärungen) oder ob Schüler Antworten geben, die dazu nicht in der Lage sind (3.Nichtevolutionäre Erklärungen). Nichtevolutionäre Erklärungen sind in diesem Zusammenhang beispielsweise eine Anpassung an einen geänderten Lebensumstand, die sich nicht auf die Nachkommen vererben kann. In der vierten Analyseperspektive werden Aussagen zur Genetik in den Fokus gerückt (vgl. Abbildung 8.5.). In der synthetischen Evolutionstheorie (vgl. Kapitel 4.1.2.) wurden unter anderem Erkenntnisse der Genetik mit der darwinschen Evolutionstheorie verknüpft. Die Genetik wird benötigt, um die Entstehung von Variation und deren Vererbung zu erklären.

Wenn die Aussage einer dieser Analyseperspektiven zugeordnet werden kann, werden die dazugehörigen Kategorien betrachtet. Dies sind beispielsweise in der Analyseperspektive „Evolutionäre Erklärungen“ die *Voraussetzungen*, *Mechanismen* und *Eigenheiten*. Werden *Voraussetzungen* für einen Anpassungsprozess genannt, wird wieder mithilfe des Leitfadens entschieden, welche *Voraussetzungen* kodiert werden. Ebenso ist es möglich, dass der selbe Schüler auch Aussagen tätigt, die der Analyseperspektive „Nichtevolutionäre Erklärungen“ zugeordnet werden. Dann werden auch diese nach dem selben Schema kodiert. Daraus zeigt sich, dass die Antworten eines Schülers verschiedenen Kategorien zugeordnet werden können. In dem Fall werden auch alle diese Kategorien kodiert. Der vollständige Kodierleitfaden mit Ankerbeispielen befindet sich im Anhang dieser Arbeit.

8 Forschungsdesign

Beispiel Kodierung

Die Vorgehensweise der Kodierung soll anhand eines Beispiels aufgezeigt werden:
„Vielleicht passen sich die Mäuse auch ihrem Umfeld an. Die Mäuse merken halt irgendwie, dass wenn sie einen längeren Schwanz haben, dass sie dann eher gefangen werden als mit einem kürzeren Schwanz. Und das vererben die dann an ihre Nachkommen und die kriegen dann kürzere Schwänze.“ (Schüler, 8.Jahrgangsstufe)

Dieser Schüler beschreibt zunächst die Erkenntnis und Notwendigkeit einer Anpassung (ANPASSUNGSERKENNTNIS, ANPASSUNGSNOTWENDIGKEIT). Daraus resultiert eine ANPASSUNGSINTENTION (*Analyseperspektive Evolutionäre Erklärungen, Kategorie Voraussetzungen*) Daraus wird eine genetische Änderung abgeleitet, die einen Vorteil für die Nachfahren darstellt (ADAPTIVE GENETISCHE ÄNDERUNG, *Analyseperspektive Evolutionäre Erklärungen, Kategorie Mechanismen*) (vgl. Tabelle 8.3.).

Tabelle 8.3: Beispiel für die Kodierung

Kategorie	1	0	-1	Kodierung im Beispiel
Anpassungs- erkenntnis	Eine Anpassungser- kenntnis wird beschrie- ben=1	Eine Anpassungs- erkenntnis wird nicht be- schrieben=0	Eine Anpassungser- kenntnis wird verneint=-1	1

Analyse fehlender Daten

Die Ergebnisse der Kodierung wurden in IBM SPSS eingegeben. Fehlende Werte wurden als solche kodiert. Ein Schätzen dieser ist für dieses Testverfahren nicht möglich, da nicht ausgeschlossen werden kann, dass dies zu einer Verzerrung der Ergebnisse führen könnte. Aus diesem Grund findet im Falle eines fehlenden Wertes ein fallweiser Ausschluss statt. Die Stichprobe ist mit 3928 gültigen Fällen umfangreich genug, um dies zu kompensieren.

8.3.1.3 Scores

Für die weiteren Analysen wurden zwei unterschiedliche Scores berechnet. Dafür wurden die Werte ausgewählter Kategorien addiert. An dieser Stelle werden diese

zwei Scores beschrieben. Als Grundlage dafür dienen der in Kapitel vier erläuterte fachliche Hintergrund, die idealisierten kognitiven Modelle und die Ergebnisse anderer Studien.

Evolutionsscore

Für die Ermittlung des Evolutionsscores wurden die in Tabelle 8.4. dargestellten Kategorien ausgewählt. Grundlage für die Auswahl sind die in Kapitel 4.1. vorgestellten fachlichen Grundlagen. Des Weiteren fand eine Anlehnung an die *key concepts* von Nehm & Schonfeld (2010) statt. Diese *key concepts* sind: (1) die Existenz von Variation, (2) die Erbllichkeit von Variation und (3) das unterschiedliche Überleben oder der unterschiedliche Fortpflanzungserfolg von Individuen (Fitness) (Nehm & Schonfeld, 2010). Nach Nehm & Schonfeld (2010) stellen diese drei *key concepts* ein Minimum für das fachlich orientierte Erklären von evolutionärem Wandel dar. Im Evolutionsscore finden sie sich folgendermaßen wieder:

- (1) Die Existenz von Variation -> *Kategorie Variation (phänotypisch oder genotypisch)*: Es wurde bei der Kodierung unterschieden, ob eine Variation nur auf phänotypischer oder auch auf genotypischer Ebene erklärt wurde. Beim Kodieren erhielt die Variation phänotypisch den Wert 1, die Variation genotypisch den Wert 2. Darwin beschrieb die Variation nur auf Ebene des Phänotyps und konnte auch keine für ihn selbst befriedigenden Aussagen zur Entstehung von Variation machen. Sofern die Schüler noch keinen Genetik-Unterricht erhalten haben, ist zu erwarten, dass sie wie Darwin Variation mehrheitlich nur auf Ebene des Phänotyps beschreiben. Für ein tiefergehendes fachliches Verständnis ist es jedoch notwendig, die Entstehung und Vererbung von Variation auf genotypischer Ebene erläutern zu können (vgl. Kapitel 4.1.).
- (2) Erbllichkeit von Variation. Variation spielt im evolutionären Kontext nur eine Rolle, wenn sie auf die nächste Generation vererbt werden kann (vgl. Kapitel 4.1.). Ob und über welche Mechanismen Variation vererbt werden kann, muss im Rahmen des Evolutionsscores erfasst werden, wenn dieser ein fachlich orientiertes Verständnis abbilden soll. Wenn eine Vererbung der Variation beschrieben wird, erfolgt die Kodierung mit 1, wird keine genannt wird 0 kodiert.
- (3) Das unterschiedliche Überleben oder der unterschiedliche Fortpflanzungserfolg von Individuen (Fitness) -> *Kategorien Auslese und Unterschiedlicher Fortpflanzungserfolg*. Hier wurde für die Kodierung zwischen beidem differenziert.

8 Forschungsdesign

Die Kategorie *Auslese* wurde vergeben, wenn die Schüler auf das unterschiedliche Überleben von Individuen eingegangen sind, *Unterschiedlicher Fortpflanzungserfolg* wurde vergeben, wenn ein unterschiedlicher Fortpflanzungserfolg beschrieben wurde. Diese beiden Kategorien können dabei unabhängig voneinander und auch gemeinsam auftreten. Die detaillierte Kodierung dieser Kategorien ist im Anhang im Kodierleitfaden beschrieben.

Weitere Autoren ergänzen diese drei *key concepts* um zusätzliche Kategorien, die notwendig sind, um evolutionären Wandel zu beschreiben. Es finden sich in der Literatur (4) Überfruchtbarkeit, (5) Ressourcenknappheit und (6) Wettbewerb (Sutherland & Endler, 1987; Nehm & Ha, 2011). Überfruchtbarkeit, Ressourcenknappheit und daraus resultierender Wettbewerb sind notwendig, damit eine Selektion überhaupt wirken kann und wurden bereits von Darwin beschrieben (vgl. Kapitel 4.1.1.). Auch diese Kategorien wurden für den Score übernommen.

Wie bereits erwähnt, ist es für ein tieferes Verständnis von evolutionären Prozessen notwendig, nicht nur das Vorhandensein von Variation und seine Erbllichkeit zu erkennen, sondern auch erklären zu können, wie Variation entsteht (vgl. Kapitel 4.1.). Aus diesem Grund wurden noch die Kategorien *Mutation* und *Rekombination* hinzugenommen. Angelehnt an die ICMs von Anpassung und Auslese, wird ein evolutionärer Prozess jedoch nicht nur durch Voraussetzungen (wie beispielsweise *Variation*) und dem Prozess selbst (wie beispielsweise *Auslese*) bestimmt, sondern er besitzt auch charakteristische Eigenschaften. Der Zufall im Sinne eines stochastischen Prozesses spielt eine wichtige Rolle für evolutionären Wandel (vg. Kapitel 4.1.2). *Zufälligerweise* entstehen Mutationen, die *unfalligerweise* in der jeweiligen Umwelt einen Vorteil darstellen können. Auch beim Überleben oder dem Fortpflanzungserfolg spielt der Zufall eine wichtige Rolle. Da dies im Sinne eines stochastischen Prozesses verstanden wird, wurde auch die *Probabilität* als Kategorie in den Score aufgenommen. Eine weitere Eigenheit stellt die *Gradualität* dar. Ein evolutionärer Wandel geschieht graduell. Die Anagenese beispielsweise erfolgt durch Akkumulation zahlreicher kleiner Veränderungen (vgl. Kapitel 4.1.).

Der Maximalwert, der theoretisch erreicht werden kann, liegt bei 12 Punkten (vgl. Tabelle 8.4.). Diese werden erreicht, wenn alle in diesem Abschnitt angesprochenen Kategorien in der Erklärung kodiert werden konnten. Es ist nicht zu erwarten, dass dies bei Schülern, die bisher keinen Unterricht zu Evolution (und Genetik) erhalten haben, (häufig) auftritt. Der Evolutionsscore soll abbilden, in welchem Ausmaß fachlich angemessene Aspekte zur Erklärung der in den Aufgaben dargestellten Phä-

8.3 Erhebungs- und Auswertungsmethoden

Tabelle 8.4: Ausschnitt aus dem Kodierleitfaden bezüglich der für den Evolutionsscore ausgewählten Kategorien

Kategorie	2	1	0	-1
Variation	genotypisch	phänotypisch	keine Variation	
Erblichkeit von Variation		Variation wird vererbt	keine Nennung	
Rekombination		Rekombination erfolgt	keine Nennung	Rekombination erfolgt gerichtet
Mutation		Mutationen werden genannt	keine Nennung	Mutationen erfolgen gerichtet
Überfruchtbarkeit		Überfruchtbarkeit wird beschrieben	keine Nennung	
Auslese	Auslese auf Ebene des Genotyps	Auslese auf Ebene des Phänotyps	keine Nennung	
Wettbewerb um Ressourcen		wird beschrieben	keine Nennung	
Unterschiedlicher Fortpflanzungserfolg		wird beschrieben	keine Nennung	
Probabilität		wird beschrieben	keine Nennung	
Gradualität		wird beschrieben	keine Nennung	

8 Forschungsdesign

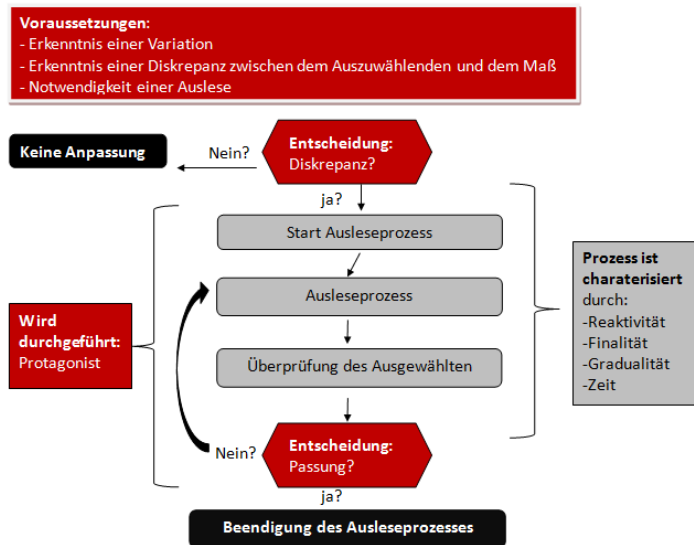


Abbildung 8.7: ICM Auslese

nomene verwendet wurden. Daher müssen auch alle relevanten Aspekte fachlicher Erklärungen in ihm aufgenommen werden. Umso höher der Wert im Evolutionsscore ausfällt, umso näher kommt die Erklärung einer fachlich angemessenen Erklärung.

Betrachtet man den Evolutionsscore und vergleicht die in ihm aufgenommenen Kategorien mit dem ICM der *Auslese* (vgl. Abbildung 8.7.) finden sich Gemeinsamkeiten. Im ICM *Auslese* werden (a) Voraussetzungen, (b) Prozess und (c) Eigenheiten für eine Auslese aufgeführt. Unter die Voraussetzungen fällt die Kategorie *Variation*, die auch so im Score kodiert wird. Daran ist zu sehen, dass Erklärungen respektive Vorstellungen die dem ICM *Auslese* zugeordnet werden können, auch Werte im Evolutionsscore erreichen. Die Kategorie *Variation* stellt demnach sowohl ein Teil einer fachlich angemessenen als auch einer lebensweltlichen Vorstellung dar. Dies ist nicht vermeidbar, da es gezwungenermaßen Überschneidungen bei der Kodierung gibt. Ein Proband, der eine phänotypische Variation (1 Punkt), die Erbllichkeit von Variation (1 Punkt) und eine Auslese (1 Punkt) beschreibt erhält im Evolutionsscore den Wert drei. Getrennt werden können fachlich angemessene Vorstellungen und Vorstellung entsprechend dem ICM *Auslese* daher nur, wenn weitere Kategorien betrachtet werden, die gemeinsam mit *Variation* und *Auslese* auftreten.

Von einer Anwendung des lebensweltlichen Modells der *Auslese* (ICM *Auslese*) ist auszugehen, wenn diese Kategorien ebenfalls angesprochen werden:

8.3 Erhebungs- und Auswertungsmethoden

- Voraussetzungen für einen Ausleseprozess: Anpassungsnotwendigkeit, Variation
- Mechanismen: Auslese
- Ebene: Phänotyp, Individuum
- Eigenschaften: Reaktivität, Finalität

Eine fachlich orientierte Vorstellung ist davon zu unterscheiden, wenn neben der Nennung von Variation, der Erbllichkeit von Variation und Mechanismus der Auslese noch weitere Kategorien wie beispielsweise *Genotyp*, *Probabilität*, *Population* beschrieben werden. In diesen Fällen erhält der Proband einen Wert im Evolutionsscore über vier.

An folgendem Beispiel soll dies erklärt werden:

Also es überleben entweder die Mäuse, die durch Verkrüppelung oder so etwas keinen Schwanz mehr haben oder die Mäuse sterben aus. Evolution heißt ja nicht, dass sich das Tier anpasst, sondern, dass nur die von der Tierart überleben, die schon angepasst sind. Und dann überleben diese, weil alle anderen gefressen werden. (Schüler, 8.Jahrgangsstufe)

- Erkenntnis der Variation phänotypisch -> 1 Punkt
- Beschreibung eines Ausleseprozesses -> 1 Punkt

Dieser Schüler wurde somit im Evolutionsscore einen Wert von zwei Punkten erreichen. Da in seiner Erklärung einige Komponenten einer fachlich angemessenen Erklärung fehlen oder nicht ausreichend dargestellt sind (vgl. Kapitel 4.1.) und ein Wert unter vier erreicht wurde, würde seine Vorstellung dem ICM Auslese zugeordnet werden, auch wenn Aspekte einer fachlich orientierten Vorstellung beschrieben wurden.

Score Gezielte Gegenstandsanpassung

Des Weiteren wurde ein Score berechnet, der abbilden soll, in welchem Ausmaß von einer gezielten und bewussten Anpassung ausgegangen wird (vgl. ICM Gezielte Gegenstandsanpassung Kapitel 4.2.4.).

Dieser Score ist angelehnt an das ICM zur *Gezielten Gegenstandsanpassung* (vgl. Abbildung 8.8.) und enthält alle Kategorien, die dort verortet werden können. Dies sind von den Voraussetzungen im ICM:

8 Forschungsdesign

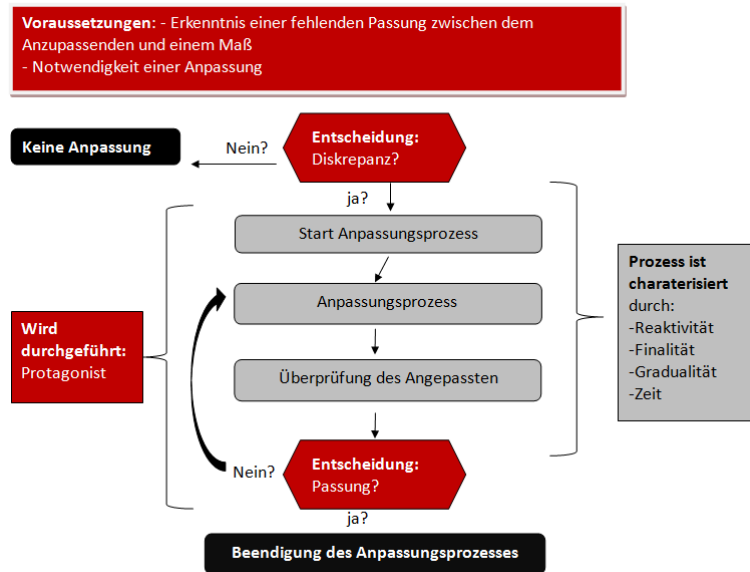


Abbildung 8.8: ICM Gezielte Gegenstandsangepassung

- Anpassungsnotwendigkeit
- Anpassungserkenntnis, einschließlich *Körperweisheit*
- Anpassungsintention

Unter den Prozess fallen folgende Kategorien:

- Adaptive körperliche Umstellung, einschließlich Sonderformen *Änderung durch Gebrauch respektive Nichtgebrauch* und
- Adaptive genetische Umstellung, einschließlich Sonderform *Kreuzung*

Von den im ICM beschriebenen Eigenheiten werden in den Score Folgende einbezogen:

- Reaktivität
- Finalität

Benannt wird dieser Score nach dem dazugehörigen ICM *Gezielte Gegenstandsangepassung*. Für diesen Score kann ein negativer Wert erreicht werden, wenn die jeweiligen

Tabelle 8.5: Ausschnitt aus dem Kodierleitfaden bezüglich der für den Score *Gezielte Gegenstandsanpassung* ausgewählten Kategorien

Kategorie	1	0	-1
Anpassungsnotwendigkeit	wird beschrieben	keine Nennung	wird verneint
Anpassungserkenntnis	wird beschrieben	keine Nennung	wird verneint
Anpassungsintention	wird beschrieben	keine Nennung	wird verneint
Adaptive körperliche Umstellung	wird beschrieben	keine Nennung	wird verneint
Sonderformen Adaptive körperliche Umstellung: Training	wird beschrieben	keine Nennung	
Adaptive genetische Umstellung	wird beschrieben	keine Nennung	wird verneint
Reaktivität	wird beschrieben	keine Nennung	
Finalität	wird beschrieben	keine Nennung	

Konzepte abgelehnt werden. Eine Darstellung der Kodierung befindet sich in Tabelle 8.6..

In diesem Score kann ein Maximalwert von acht Punkten erreicht werden, wobei schon ein Scorewert von sieben Punkte reicht, um alle Elemente des ICMs abzudecken. Dies liegt darin begründet, dass eine Unterkategorie der *adaptiven körperlichen Umstellung: Trainig* ebenfalls in den Score aufgenommen wurde. Dies geschah, weil diese Kategorie häufig als Beispiel für eine adaptive körperliche Umstellung beschrieben und daher gesondert kodiert wurde, um ein differenziertes Bild in der Auswertung zu ermöglichen.

8.3.1.4 Gütekriterien

Zur Überprüfung der Reliabilität wurden sowohl die Intrarater-Reliabilität als auch die Interrater-Reliabilität überprüft. Dafür wurde Cohens Kappa mithilfe von SPSS berechnet.

Intraraterreabilität

Zur Ermittlung der Intraraterreabilität wurden 400 zufällig ausgewählte Aufgaben zweimal kodiert und die Ergebnisse gegenübergestellt. Die Werte erreichten durchgehend eine sehr gute bis perfekte Übereinstimmung ($\kappa=.91-1$, siehe Tabelle im Anhang).

Interraterreabilität

Für die Interraterreabilität wurden 470 zufällige ausgewählte Aufgaben von zwei unterschiedlichen Ratern kodiert. Die Ergebnisse der Interrater-Reliabilität fielen auch hier durchgehend zufriedenstellend aus. Den von Bortz & Döring (2006) empfohlenen Minimalwert von $\kappa = .6$ oder höher erreichen dabei alle Kategorien. Nur die Kategorie *Nichtevolutionäre Erklärungen: Sonstiges* erhält ein κ unterhalb von $.7$. Dies lässt sich damit begründen, dass diese Kategorie eine Sammelfunktion für Antworten hat, die sich nicht in die anderen Kategorien einordnen lassen. Hier muss der Kodierer entscheiden, ob die Aussagen noch einen Bezug zur Aufgabenstellung haben und eine mögliche Erklärung liefern oder nicht. Dementsprechend ist es nachvollziehbar, dass in diesem Fall bei unterschiedlichen Kodierern die Abweichungsquote höher ist als bei den anderen, wesentlich eindeutiger definierten Kategorien. Alle anderen Kategorien erreichen gute bis ausgezeichnete Übereinstimmungen ($\kappa \geq .7$, siehe im digitalen Anhang: C. Interrater-Reliabilität).

8.3.2 Wissenschaftsverständnis

8.3.2.1 Erhebungsmethode

Für die Erhebung des Wissenschaftsverständnisses der Schüler wurde eine gekürzte Fassung des Wissenschaftsverständnistests von Kerstin Kremer (2010) verwendet. Da die Ergebnisse der Testung mit den Vorstellungen zu Evolution verglichen werden sollten, wurden nur die dafür relevanten Skalen im Rahmen dieser Testung ausgewählt. Für diese Studie steht dabei im Fokus, wie die Schüler dem Theoriebegriff im Hinblick auf Veränderlichkeit und einer möglichen Entwicklung gegenüberstehen und ebenso welchen Zweck sie den Naturwissenschaften (und ihren Theorien) zuschreiben. Deshalb wurden aus folgenden Gründen die Skalen *a. Sicherheit*, *b. Entwicklung* und *c. Zweck* für diese Studie verwendet (vgl. Tabelle 8.6.).

Das Wissen in den Naturwissenschaften ist nie absolut und vollkommen sicher, sondern veränderbar (**a. Sicherheit des Wissens**). Jede bestehende Theorie kann immer nur als vorläufig betrachtet werden und es kann jederzeit neues Wissen dazu kommen (Kremer, 2010, 27). Damit unterliegt naturwissenschaftliches Wissen einem fortwährenden Entwicklungs- und Veränderungsprozess (**b. Entwicklung des Wissens**). Auf Grundlage neuer Beweise und mithilfe beispielsweise neuer Technologien können sich Theorien ändern und erweitern (Kremer, 2010, 27-28). Mithilfe der Naturwissenschaften wird versucht, natürliche Phänomene zu beschreiben, zu erklären und vorherzusagen. **c. Zweck der Naturwissenschaften** (Kremer, 2010, 28). Ausführliche

Beschreibungen und Erklärungen der Skalen finden sich bei Kremer (2010).

Es ist obligat, dass diese verkürzte Fassung nicht mehr alle relevanten Aspekte des Wissenschaftsverständnisses beinhalten kann und dementsprechend auch nicht das universelle Wissenschaftsverständnis der Schüler erhoben wird, sondern nur die für diese Studie relevanten Teilaspekte.

Jede Skala enthält bei Kremer (2010) eine unterschiedliche Anzahl an Items. Für die Skala *Sicherheit* sind es sieben Items, für die Skala *Entwicklung* acht und für die Skala *Zweck* fünf. Wie bei Kremer (2010) wird auch in dieser Studie eine fünfstufige Likertskala (1 „stimmt gar nicht“, 2 „stimmt kaum“, 3 „stimmt teils-teils“, 4 „stimmt ziemlich“, 5 „stimmt völlig“) eingesetzt.

8.3.2.2 Auswertungsmethode

Wie bei Kremer (2010) wurden für die Berechnung negativ gepolte Items vorher umgepolt. Für die Auswertung wurden angelehnt an Kremer (2010) Kategorien gebildet (vgl. Tabelle 8.7.). Die Daten wurde anschließend in SPSS (IBM) eingegeben und mit statistischen Verfahren ausgewertet.

Analyse fehlender Daten

Alle Items weisen Missings, also fehlende Werte auf. Von allen Fällen sind 89% komplett, nur 11% der Fälle zeigen fehlende Werte. Insgesamt fehlen nur 2% der Werte. Die weitere Analyse der fehlenden Werte zeigt, dass bei allen Items nur eine geringe Prozentzahl Missings zu beobachten sind. Die Häufigkeit der Missings ist bei den Items höher, die auf der Rückseite des Fragebogens zu beantworten waren. Ob die Schüler diese zweite Seite einfach nur übersehen haben oder die Motivation zur weiteren Beantwortung zu gering war, lässt sich rückblickend nicht klären. Die fehlenden Werte sind jedoch unabhängig von der fehlenden Variablen selbst und auch von den anderen Variablen im Datensatz. Demnach besteht sowohl die Möglichkeit, die Missings auszuschließen oder mithilfe eines Schätzverfahrens zu ersetzen. Um mit einer möglichst großen Stichprobe weiterarbeiten zu können und Verzerrungen durch den Ausschluss zu vermeiden, wurde das Schätzen der fehlenden Werte mithilfe einfacher Imputation des EM-Algorithmus gewählt und mithilfe von SPSS (IBM) durchgeführt.

Tabelle 8.6: Die für diese Studie entnommenen Items aus Kremer (2010)

Skala	Items
Sicherheit	(1) Alle Fragen in den Naturwissenschaften haben genau eine Lösung. (2) Bewährte naturwissenschaftliche Theorien dürfen nicht in Frage gestellt werden. (3) Naturwissenschaftler stimmen immer darin überein, was in ihrem Fach wahr ist. (4) Das Beste an den Naturwissenschaften ist, dass viele Probleme nur eine richtige Lösung aufweisen. (5) Das Wissen in den Naturwissenschaften ist für alle Zeit wahr. (6) In den Naturwissenschaften ist beinahe alles bekannt; es gibt nicht mehr viel, was man herausfinden könnte. (7) Es gibt nur die eine Lösung, wenn Naturwissenschaftler einmal das Ergebnis eines Experiments gefunden haben.
Entwicklung	(1) Naturwissenschaftliche Theorien werden verändert oder ersetzt, wenn neue Beweise vorliegen. (2) Manchmal verändern sich die Vorstellungen in den Naturwissenschaften. (3) Manchmal ändern Naturwissenschaftler ihre Meinung darüber, was in ihrem Fach wahr ist. (4) Durch neue Entdeckungen kann sich verändern, was Naturwissenschaftler für richtig halten. (5) Es gibt manche Fragen in den Naturwissenschaften, die auch Naturwissenschaftler nicht beantworten können. (6) Einige Vorstellungen in den Naturwissenschaften sind heute anders als das, was Naturwissenschaftler früher dachten. (7) Die Vorstellungen in Naturwissenschaftsbüchern verändern sich manchmal. (8) Naturwissenschaftliche Theorien verändern und entwickeln sich mit der Zeit.
Zweck	(1) Ziel naturwissenschaftlicher Theorien ist es, einem Teil menschlicher Erfahrungen eine Ordnung zu geben. (2) Naturwissenschaftler führen Experimente durch, um neue Entdeckungen zu machen. (3) Ziel naturwissenschaftlicher Theorien ist es, Naturvorgänge zu erklären. (4) Naturwissenschaftler untersuchen Naturphänomene und liefern Erklärungen, warum diese auftreten. (5) Naturwissenschaftler führen Experimente durch, um zu erklären, wie bestimmte Ereignisse zustande kommen.

Tabelle 8.7: Einteilung des Scores Wissenschaftsverständnis in sieben Kategorien

Scorewert	Einteilung Kategorie	Beschreibung
0-19	1	stark mangelhaftes Wissenschaftsverständnis
20-30	2	mangelhaftes Wissenschaftsverständnis
31-40	3	Wissenschaftsverständnis mit Einschränkungen
41-50	4	ausreichendes Wissenschaftsverständnis
51-60	5	befriedigendes Wissenschaftsverständnis
61 - 70	6	gutes Wissenschaftsverständnis
71-80	7	gehobenes Wissenschaftsverständnis

Tabelle 8.8: Reliabilität der Skalen

Skala	Itemanzahl	Cronbachs α bei Kremer (2012)	Cronbachs α bei dieser Studie
Sicherheit	7	.55-.66	.67
Entwicklung	8	.61-.68	.79
Zweck	5	.64-.69	.72

8.3.2.3 Gütekriterien

Bei der Testung der Reliabilität erhielt Kremer (2010) nur bei fünf von sieben Items angemessene Werte. Zwei Skalen (Kreativität, Einfachheit) wurden daher von ihr für die weiteren Testungen ausgeschlossen. Die anderen Skalen erreichten Werte von Cronbachs α =.55 bis .75 (siehe Tabelle 8.8.). Die Reliabilität für alle Skalen liegt in dieser Studie leicht über diesen Werten (vgl. Tabelle 8.8.).

8.3.3 Religiosität

8.3.3.1 Erhebungsmethode

Eingesetzt wird in dieser Studie eine gekürzte und angepasste Fassung des Religionsmonitors der Bertelsmannstiftung (Huber, 2006). Dafür wurden aus diesem die für die Fragestellung dieser Studie relevante Skalen entnommen und gegebenenfalls angepasst. Folgend werden diese Skalen und ihr Bezugsrahmen vorgestellt.

Die Testung der Religiosität der Probanden sollte nicht nur ihre Religionszugehörigkeit erfassen, sondern auch eine Einschätzung der individuellen Religiosität der Teilnehmer ermöglichen. In Kapitel 6 wurde dargelegt, dass sich die Religiosität auf die Ausdrucksform und Intensität der Gläubigkeit des Einzelnen bezieht und damit

8 Forschungsdesign

als einen inneren Wert verstanden wird, der das Erleben und Verhalten von Menschen bestimmen kann. Anhand der Religionszugehörigkeit allein kann keine Aussage darüber getätigt werden, welche Rolle Religion im Leben des Individuums spielt. Wenn also überprüft werden soll, welchen Einfluss Religiosität auf die Vorstellungen von Schülern (von Evolution und/oder Wissenschaft) hat, ist es unerlässlich, die Religiosität differenziert zu erheben.

Als geeignet dafür scheint ein Vorschlag, den Huber (2006) im Zusammenhang mit seinem Gutachten des Religionsmonitors der Bertelsmannstiftung macht. Huber sieht es als Bedingung für den Religionsmonitor und damit die Erfassung der Religiosität in Deutschland an, dass dieser interdisziplinär sein sollte und dadurch möglichst viele verschiedene Aspekte der Religiosität erfassen kann. Um dieses Ziel zu erreichen, sollen soziologische, psychologische, religionswissenschaftliche und theologische Perspektiven in die Definition und Operationalisierung mit einfließen (Huber, 2006, 2-4). Nach Huber (2006) bietet sich dafür ein substantieller Begriff der Religion an, der sich vor allem im Kontext der abrahamitisch-religiöser Kulturen (Judentum, Christentum, Islam) als gültig erweist, die in Deutschland vorherrschend und bereits seit Jahrtausenden fest verankert sind. Man findet diese nicht nur in religiösen Institutionen, sondern auch im säkularen Sektor wie beispielsweise der Mediengesellschaft. Für eine Testung der Religiosität in unserem Kulturkreis sind damit Judentum, Christentum und Islam als religiöse Bezugskulturen zu betrachten. Diese sind mehrheitlich theistisch konstruiert, das heißt Gott wird in der Gestalt eines transzendenten „Gegenüber“ wahrgenommen, der über das Gebet ansprechbar ist und potentiell in das Leben eingreifen kann. Dem gegenüber steht ein pantheistisches Konstrukt der Transzendenz, was sich jedoch auch in diesen drei religiösen Bezugskulturen vor allem in der mystischen Tradition wiederfindet. Hier wird Transzendenz eher in der Form eines alles durchdringenden Prinzips wahrgenommen, welches beispielsweise in der Meditation, eine Form der Kontemplation, wahrgenommen werden kann. Beide Formen der Transzendenz besitzen eine spezifische Semantik und sollten nach Huber (2006) berücksichtigt werden, um möglichst vielfältige Formen der individuellen Religiosität erfassen zu können. (Huber, 2006, 4-6)

Das soziologische Modell der Religiosität von Charles Glock wurde als Grundlage von Huber (2006) für seinen Vorschlag eines Fragebogens und als theoretische Fundierung verwendet. Dort wird Religiosität in sechs Kerndimensionen (Intellekt, Ideologie, privates Ritual, Erfahrung, öffentliches Ritual, Konsequenzen im Alltag) zu einer multidimensionalen Struktur ausdifferenziert. Diese Dimensionen sind durch zahlreiche Studien gut belegt und können auch in allen großen Religionen ausgemacht

Tabelle 8.9: Kurzskaleten & die dazugehörigen Items im Religionsmonitor nach Huber (2006)

Indikatoren	Item 1	Item 2	Item 3
Kurzskala Religiöse Fragen	Wie sehr interessieren Sie sich dafür, mehr über religiöse Fragen zu erfahren?	Wie oft denken Sie über religiöse Fragen nach?	
Kurzskala Religiöse Reflexivität	Wie wichtig ist es für Sie, religiöse Fragen von verschiedenen Seiten aus zu betrachten?	Wie oft setzen Sie sich kritisch mit religiösen Lehren auseinander, denen Sie grundsätzlich zustimmen?	Wie oft überdenken Sie einzelne Punkte Ihrer religiösen Einstellungen
Kurzskala Allgemeine Intensität der ideologischen Dimension	Wie hoch ist Ihrer Ansicht nach die Wahrscheinlichkeit, dass „Gott“ wirklich existiert und nicht nur eine menschliche Idee ist?	Wie hoch ist Ihrer Ansicht nach die Wahrscheinlichkeit, dass es ein Leben nach dem Tod gibt?	Halten Sie es für wahrscheinlich, dass Menschen nach ihrem Tod in einem anderen Menschen wiedergeboren werden?

8 Forschungsdesign

werden, weswegen sie sich als Bezugsrahmen anbieten. (Huber, 2006, 4-5)

Die intellektuelle Dimension bezieht sich auf das religiöse Wissen, über das Menschen verfügen und auf ihre Haltung zu Religion und religiösen Fragen. Hier spielt auch die Intensität und Art der Auseinandersetzung mit religiösen Fragen eine Rolle. Nach Huber (2006) wird dieser Aspekt in Studien häufig vernachlässigt oder nur unzureichend abgebildet. Daher soll diese Dimension im Religionsmonitor berücksichtigt werden. Zur Erfassung schlägt der Autor verschiedene Indikationen der Kurzsкала *Religiöse Fragen* (siehe Tabelle 8.9.) vor. Diese bilden die Intensität der Beschäftigung mit religiösen Inhalten ab, die ein Hinweis darauf sein kann, dass religiöse Inhalte in eine allgemeine Lebensphilosophie integriert wurden und daher auf verschiedene Lebensbereiche angewandt werden kann (Huber, 2006, 4-8). Daraus resultiert jedoch nicht, ob religiöse Fragen auch selbstkritisch reflektiert werden. Die selbstkritische Reflexion religiöser Fragen wird jedoch im Kontext religiöser Pluralität als wünschenswert erachtet, da sie den Dialog und ein wechselseitiges Verständnis erleichtert. Aus diesem Grund findet sich in Hubers (2006) Empfehlung auch eine Kurzsкала der Religiösen Reflexivität wieder (siehe Tabelle 8.9.). (Huber, 2006, 8-9)

Die Kurzscales *Religiöse Fragen* und *religiöse Reflexivität* wurden in das Testverfahren für diese Studie aufgenommen, da diese Dimensionen hilfreich bei der Frage sind, ob naturwissenschaftliche Theorien, wie beispielsweise die Theorie der Natürlichen Selektion, integriert werden können.

Die Dimension *religiöse Ideologie* beinhaltet Glaubensaussagen, von denen zu erwarten ist, dass religiöse Menschen ihnen zustimmen. Nach Glock (1962) sind dies Aussagen über die Existenz und das Wesen Gottes (1), Aussagen über den göttlichen Willen (2) und Aussagen über das menschliche Verhalten im Lichte seiner göttlichen Bestimmung (3). Die *allgemeine Intensität der ideologischen Dimension* wird bei Huber (2006) durch diese drei Indikatoren abgebildet (vgl. Tabelle 8.9.). Diese Items finden auch in dieser Studie Verwendung, da sie wichtige Aussagen über den Glauben an die Existenz eines Gottes und dem Leben nach dem Tod bieten, was für die abrahamitische-religiösen Kulturen zentral ist (Huber, 2006, 2-4). Es geht also um die Gewissheit der Existenz einer transempirischen Realität und um die Plausibilität einer Existenz des Menschen nach dem Tod. Umso plausibler die Existenz einer transempirischen Ebene erscheint, umso höher ist das vorhandene Potential religiöser Weltdeutungen. Huber (2006) fasst diesen Sachverhalt treffend zusammen:

Erst wenn ein Mensch „glaubt“ können spezifische Inhalte dieses Glaubens einen handlungsleitenden Status erhalten. (Huber, 2006, 10)

Um aber zu klären, an was konkret Menschen glauben, müssen zwei weitere Themenkomplexe berücksichtigt werden: *Gottesbild* und *religiöse Pluralität*. In seinem Vorschlag operationalisiert Hubert (2006) sechs *Gottesbilder*, die sich nicht gegenseitig ausschließen müssen. Dazu gehören einerseits eine atheistische („menschliche Idee“) und eine kantianische („Wert“) Konstruktion der Transzendenz und andererseits theistische Vorstellungen von Gott („Person“, „Macht“) und pantheistische Konstruktionen („Gesetz“, „Energie“). Das Themenfeld *religiöse Pluralität* hat nach Huber (2006) in Europa eine hohe gesellschaftliche Relevanz im Spannungsfeld multireligiöser Gesellschaften. Es geht dabei um die Frage, wie die eigene Religion im Vergleich zu anderen Religionsgemeinschaften wahrgenommen und bewertet wird. Um dies zu messen schlägt Huber (2006) verschiedene Komponenten (vgl. Tabelle 8.10.) vor, die von Religiösem Exklusivismus bis Pluralismus reichen. Beide Kurzskalen (Gottesbilder, religiöse Pluralität) werden für diese Studie übernommen.

Tabelle 8.10: Indikatoren zur religiösen Pluralität nach Huber (2006)

Komponente	Indikatoren
1.Komponente: Religiöse Entscheidungheit	(1) Ich bin bereit, für meine Religion auch große Opfer zu bringen. (2) Ich versuche, möglichst viele Menschen für meine Religion zu gewinnen.
2.Komponenten: Moralischer Dualismus	(1) Für meine Religion ist es wichtig, immer wachsam gegenüber dem Bösen zu sein. (2) Für meine Religion ist es wichtig, dass ich das Böse entschieden bekämpfe.
3.Komponente: Religiöser Exklusivismus	(1) Ich bin davon überzeugt, dass in religiösen Fragen vor allem meine eigene Religion Recht hat und andere Religionen eher Unrecht haben. (2) Ich bin davon überzeugt, dass vor allem die Mitglieder meiner eigenen Religion zum Heil gelangen.
4.Komponente: Religiöser Pluralismus	(1) Für mich hat jede Religion einen wahren Kern (2) Ich finde, man sollte gegenüber allen Religionen offen sein.

Zur Klärung der Rolle von Religion im Leben werden die Dimensionen und die dazugehörigen Kurzskalen *Religiöse Erfahrungen*, *Religiöse Praxis* und *Alltäglichen Konsequenzen der Religiosität* hinzugenommen (Huber, 2006, 9-12).

Die Dimension *Religiöse Erfahrungen* bezieht sich auf die Erwartung, dass die Tran-

Tabelle 8.11: Kurzskaleten & die dazugehörigen Items aus dem Religionsmonitor nach Huber (2006)

Kategorie	Indikatoren
Kurzskaleten Allgemein Intensität der religiösen Erfahrung	(1) Wie oft erleben Sie Situationen, in denen Sie das Gefühl haben, dass „Gott“ Ihnen etwas sagen will? (2) Wie oft erleben Sie Situationen, in denen Sie das Gefühl haben, dass „Gott“ in Ihr Leben eingreift? (3) Wie oft erleben Sie Situationen, in denen Sie das Gefühl haben, mit Allem Eins zu sein?
Kurzskaleten Religiöse Praxis	(1) Wie wichtig ist für Sie das persönliche Gebet? (2) Wie oft beten Sie? (3) Wie oft praktizieren Sie Meditationstechniken, die in östlichen Religionen (z.B. Buddhismus) entwickelt wurden? (4) Wie oft nehmen Sie an Gottesdiensten teil? (5) Wie wichtig ist Ihnen die Teilnahme am Gottesdienst? (6) Wie oft nehmen Sie an spirituellen Ritualen oder religiösen Handlungen aus anderen Religionen teil?
Kurzskaleten Alltägliche Konsequenzen der Religiosität	(1) Wie stark versuchen Sie, alle Lebensbereiche nach Ihren religiösen Vorstellungen zu ordnen? (2) Wie wichtig ist es für Sie, im Alltag nach den Regeln Ihrer Religion zu leben?

szendenz in irgendeiner Form für religiöse Menschen wahrnehmbar ist. Religiöse Erfahrungen funktionieren als „*subjektive Validierungen religiöser Wirklichkeitskonstruktion*“ (Huber, 2006, 12).

Damit haben sie einen großen Einfluss auf Plausibilität, Stabilität und Relevanz religiöser Deutungen und müssen daher in der Testung der Religiosität berücksichtigt werden. Die allgemeine Intensität der Dimensionen der religiösen Erfahrung wird bei Huber (2006) durch drei Indikatoren ausgedrückt (vgl. Tabelle 8.11.).

Neben den bereits genannten Aspekten spielt auch die tatsächliche *religiöse Praxis* eine Rolle, wenn eingeschätzt werden soll, welchen Einfluss die Religiosität einer Person auf ihren Alltag, ihre Entscheidungen und Handlungen nehmen kann. Ein Beispiel für diese persönliche Praxis ist das Gebet, das traditionell auf ein „Gegenüber“ bezogen ist. Dadurch enthält es eine dialogische Struktur. Häufig wird in Studien nach der Häufigkeit des Gebets gefragt. Sinnvoll wäre es nach Hubert (2006) jedoch auch nach der Bedeutung und der Intensität des persönlichen Gebets zu fragen (vgl. Tabelle 8.11.). Damit kann die Funktion des Gebets in der Gesamtstruktur der Religiosität besser inkludiert werden (Huber, 2006, 14-15). Daneben spielt auch die öffentliche religiöse Praxis eine wichtige Rolle, da religiöse Rituale nicht nur im privaten, sondern

auch im öffentlichen Raum stattfinden und ausgeführt werden. Hier fließen auch institutionelle Faktoren mit ein. Gottesdienste, Passageriten und Gemeinschaftsgebete sind die klassischen Formen der öffentlichen, meist institutionell organisiertem Form des Rituals (vgl. Tabelle 8.11.). Im Kontext multi-religiöser Gesellschaften wird auch die Frage nach der Teilnahme an Ritualen anderer Religionsgemeinschaften als der eigenen relevant (Huber, 2006, 15-16).

Die Dimension *Alltägliche Konsequenzen* beinhaltet die Vorstellung, dass religiöse Menschen religiöse Vorstellungen und Werte auch in ihrer alltäglichen Lebensführung berücksichtigen. Beispielsweise findet sich das in religiösen Speisegeboten wieder. Für die Testung im Religionsmonitor verallgemeinert Huber (2006) diese Beispiele und entwickelt daraus zwei Indikatoren (vgl. Tabelle 8.11.).

Des Weiteren bezieht sich Huber (2006) auf das Modell der Religiosität von Gordon W. Allport (1967), welcher Religiosität als einen inneren Wert definiert, der dazu in der Lage ist, in der Persönlichkeit eines Menschen unterschiedliche Positionen einzunehmen. Wenn Religiosität zu den zentralen Werten einer Person gehört, dann entspricht dies einer intrinsischen religiösen Orientierung. Damit ist Religion dazu in der Lage, die gesamte Persönlichkeit zu durchdringen. Sofern die Religiosität eine zentrale Position einnimmt, sind deutliche Effekte auf das Denken und Handeln der Person zu erwarten. Wenn Religiosität nur eine untergeordnete Rolle spielt, entsprechend einer extrinsisch motivierten Orientierung, dann tritt ein religiöses Erleben und Verhalten nur sporadisch auf und wird primär aus nicht-religiösen Motiven bestimmt (Huber, 2006, 5-6). Religiöse Inhalte haben dann nur einen schwachen Einfluss auf das Erleben und Verhalten. Ein dritter Fall kann hier noch abgegrenzt werden, die „Religionslosigkeit“. Für diese Menschen haben religiöse Inhalte keine Relevanz. Diese Differenzierung wurde bereits in zahlreichen religionspsychologischen Studien angewandt und hat sich als fruchtbar erwiesen. Problematisch und damit zahlreich kritisiert sind jedoch die theoretische Schwäche und eine mangelhafte Operationalisierung dieses Konzepts (Huber, 2006, 17). Huber (2004) hat daher sowohl eine theoretische Rekonstruktion, als auch eine neue empirische Operationalisierung des Grundkonzepts von Allport vorgeschlagen. Diese setzt an der Kategorie der Zentralität an und versucht, die Relevanz religiöser Inhalte global zu fokussieren. Dabei wird auf das multidimensionale Modell von Glock zurückgegriffen und damit die Religionssoziologie einbezogen. Dieser Ansatz hat sich bereits in vielen Studien bewährt und als valide erwiesen. Dabei erfolgt die Messung der Zentralität der Religiosität über die allgemeine Intensität der religiösen Kerndimensionen (Huber, 2006, 17-18).

Möglich wäre nach Huber (2006) unter anderem die Bestimmung verschiedener

8 Forschungsdesign

Intensitätsgrade durch Aufsummierung der allgemeinen Indikatoren ausgewählter Dimensionen. Wenn Personen hier einen hohen Wert erreichen, ist es wahrscheinlich, dass die religiösen Inhalte zentral sind, das heißt, dass sie das gesamte Leben dieser Person durchdringen und leitend für Handeln und Denken sind. (Huber, 2006, 20-21)

Alle Items wurden schriftlich in Form eines Paper-and-Pencil basierten Fragebogens formuliert und mit einer fünfstufigen Likert Skala, wie auch von Huber (2006) empfohlen, versehen. Der fertige Fragebogen befindet sich im Anhang dieser Arbeit (vgl. digitaler Anhang A. Fragebögen).

8.3.3.2 Auswertungsmethode

Die Daten wurden in SPSS (IBM) eingegeben und mithilfe statistischer Verfahren ausgewertet.

Analyse fehlender Daten

Bei der Analyse fehlender Werte zeigt sich, dass alle Variablen fehlende Werte aufweisen. Jedoch gibt es 77,5% Fälle ohne fehlende Werte und 22,5% der Fälle weisen einen oder mehrere fehlende Werte auf. Insgesamt fehlen nur 2,6% der Werte. Bei der weiteren Analyse ist zu sehen, dass alle Variablen nur geringe Anteile fehlender Werte aufweisen und dass auch keine weiteren Auffälligkeiten zu finden sind. Die fehlenden Werte scheinen weder von der Variablen selbst noch von anderen Variablen der Befragung abhängig zu sein. Deswegen können sowohl ein Ausschluss der unvollständigen Fälle als auch eine Schätzung der Missings erfolgen. Um mit einem möglichst vollständigen Datensatz weiterarbeiten zu können und eine Verzerrung der Ergebnisse durch fehlende Daten zu vermeiden, wurden die fehlenden Daten mithilfe einfacher Imputation (EM Algorithmus) geschätzt und damit ergänzt. Die Variable *Religionszugehörigkeit* wurde bei dieser Schätzung ausgelassen, da hier mithilfe der anderen Items keine plausible Schätzung möglich gewesen wäre. Alle anderen nicht deskriptiven Items wurden in die Schätzung miteinbezogen. Dies ist plausibel, da sie weitgehend signifikant, zum Teil auch hoch signifikant miteinander korrelieren und daher davon auszugehen ist, dass sie Informationen über die fehlenden Werte beinhalten. Dadurch entsteht ein weitgehend vollständiger Datensatz mit N=849. Nur für das Item 2.1.(Religionsangehörigkeit) bleiben einzelne (0,8%) fehlende Werte bestehen.

8.3.3.3 Gütekriterien

Reliabilität der Skalen

Zunächst sollen die von Huber (2006) aufgestellten und verwendeten Kurzskalen und Dimensionen bezüglich ihrer internen Konsistenz untersucht werden. Die Skalen erhalten zum Teil zufriedenstellende, zum Teil nicht ausreichende Werte (vgl. Tabelle 8.12.). Die Werte entsprechen nur zum Teil der internen Konsistenz, die bei Huber (2006) erreicht wurde. Die interne Konsistenz der gesamten Skala (33 Items) erreicht jedoch einen sehr guten Wert (Cronbach's $\alpha = .93$, $M=2,5$, $SD=0,7$) der ebenfalls vergleichbar ist mit den Ergebnissen von Huber (2006).

Auffallend sind jedoch vor allem die schlechten Werte bei den *Dimensionen Private religiöse Praxis* und *Öffentliche religiöse Praxis*. Erklären lässt sich dies mit den unterschiedlichen Stichproben. Bei Huber 2008 bildet die Erhebung des internationalen und interreligiösen Religionsmonitors (N=21 086) die Datengrundlage. Neben der deutlich höheren Stichprobe finden sich hier auch Unterschiede in der religiösen Einstellung der Befragten. Wie in Kapitel 6 beschrieben, befinden sich die stark religiösen Länder eher außerhalb Europas und die prozentuale Verteilung der unterschiedlichen Religionsgemeinschaften stellt sich dort anders dar. In dieser Studie wurden Schüler der 8. und 9. Jahrgangsstufe in Baden-Württemberg untersucht (N=849). Ein großer Anteil von 76% gibt an, dem Christentum anzugehören. Damit ist es nachvollziehbar, dass die Items, die sich auf eine pantheistische Religionsvorstellung beziehen, möglicherweise problematisch in der Beantwortung sind. Wenn die Skalen um diese Items (S8, S9, S10) korrigiert werden, kann eine deutlich bessere interne Konsistenz erreicht werden (Cronbach's $\alpha = .88$). Die Interne Konsistenz der Gesamtskala (Skala Zentralität) kann sich dadurch jedoch nicht verbessern, weswegen entschieden wurde, die gesamte Skala für die Auswertung zu betrachten.

Validität

Wenn die Skala zur Zentralität der Religiosität valide misst, dann muss zwischen dem Ergebnis der Skala und dem Item der Einschätzung der eigenen Religiosität eine positive Korrelation zu beobachten sein. Dies kann bestätigt werden. Die Skala zur Zentralität korreliert positiv hoch signifikant mit dem Item zur eigenen Einschätzung der Religiosität ($r(847) = .832^{**}$, $p < .001$).

Tabelle 8.12: Reliabilität der Skalen

(Kurz)Skala	Anzahl Items	Interne Konsi- stenz Kurz- skala	Dimension	Interne Konsi- stenz Dimen- sion	Interne Konsi- stenz Dimen- sion Huber (2008)
Kurzskala „Interesse an religiösen Fragen“	2	.83	Intellektuelle Dimension der Religiosität (MD=2,5, SD=0,9)	.84	.56
Kurzskala „Religiöse Reflexivität“	3	.70			
Indikatoren zur allgemeinen Intensität der ideologischen Dimension	3	.53	Ideologische Dimension der Religiosität (M=2,7, SD=0,7)	.85	.79
Indikatoren zu verschiedenen Gottesbildern	6	.58			
Indikatoren zur religiösen Pluralität	8	.80			
Indikatoren zur allgemeinen Intensität der religiösen Erfahrung	3	.78	Erfahrung (M=2,3, SD=1)	.78	.80
Indikatoren zur privaten religiösen Praxis (Devotion)	3	.65	Private religiösen Praxis (Devotion) (M=2,2, SD=0,9)	.65	.78
Indikatoren zur öffentlichen religiösen Praxis (Gemeinschaft)	3	.67	Öffentliche religiösen Praxis (Gemeinschaft) (M=2,1, SD=0,8)	.67	.81
Indikatoren zur alltäglichen Konsequenzen der Religiosität	2	.86	Konsequenzen im Alltag (Werte) (M=2,3, SD=1,1)	.86	nicht enthalten

8.3.4 Leseverständnis

8.3.4.1 Erhebungs- und Auswertungsmethode

Es wurden von der kognitiven Linguistik sowie der psychologischen Diagnostik verschiedene Verfahren entwickelt, um die Leseleistung zu messen. Viele Testverfahren wurden jedoch zur individuellen Diagnostik im Rahmen einer Einzeltestung entwickelt, was zu einer erheblichen Einschränkung bei Testungen von größeren Gruppen führt. Für die Testung in Gruppen wurden verschiedene Paper-and-Pencil-Tests und computerbasierte Instrumente entwickelt. Diese Testverfahren beinhalten häufig Lückentexte, Wortergänzungen oder textinhaltsbezogene Fragen (Hartmann, 2013, 52). Zur Messung der Lesekompetenz in dieser Studie wurde der LGVT 6-12 von Schneider, Schlagmüller und Ennemoser (2007) verwendet. Dieser Test ist in der Reihe *Deutsche Schultests* erschienen und stellt ein Verfahren dar, um das Leseverständnis von Schülern ökonomisch zu erfassen. Er eignet sich dadurch auch für das schnelle und zeitsparende Erfassen des Leseverständnisses von größeren Gruppen (Hasselhorn et al., 2007, 5). Im Rahmen der PISA Untersuchung 2000 wurde der LGVT 6-12 validiert und für die verschiedenen Schulformen normiert (Hartmann, 2013, 52).

Der Test ist folgendermaßen aufgebaut: Die Probanden bearbeiten zunächst ein Übungsbeispiel, das anschließend besprochen wird. Daraufhin erhalten sie einen Fließtext (insgesamt 1727 Wörter), der innerhalb von vier Minuten so weit wie möglich gelesen werden sollte. Währenddessen ist an bestimmten Stellen im Text aus drei Wortalternativen das in den Textzusammenhang passende Wort auszuwählen und zu unterstreichen. Nach den vier Minuten markieren die Probanden ihr zuletzt gelesenes Wort. Damit kann sowohl erfasst werden, welche Menge an Text sie in der vorgegeben Zeit bewältigt haben (Lesegeschwindigkeit), als auch wie präzise die Probanden die Textabschnitte gelesen und verstanden haben (Leseverständnis). Die gesamte Durchführungszeit des Test, inklusive Austeilen, Erklären, Bearbeiten und Einsammeln, dauert ungefähr 10 Minuten. Der Vergleich mit anderen Instrumenten zeigt, dass trotz des geringen Zeit- und Materialaufwandes der LGVT 6-12 dazu in der Lage ist, dass Leseverständnis valide zu erfassen (Hartmann, 2013, 52).

Im Testmanual wird die in der Tabelle 8.13. dargestellte Interpretation der Rohwerte empfohlen. Dabei werden sieben Kategorien vergeben. Die Kategorie sieben entspricht einer ausgezeichneten Leistung, die Kategorie eins einer sehr schwachen

8 Forschungsdesign

Tabelle 8.13: Interpretation der Prozentrangplätze nach Schneider (2007)

Prozentrang	entspricht
96-100	ausgezeichnete Leistung
76-95	überdurchschnittliche Leistung
51-75	durchschnittlichen Leistung (oberer Durchschnitt)
26-50	durchschnittliche Leistung (unterer Durchschnitt)
11-25	unterdurchschnittliche Leistung
6-10	schwache Leistung
0-5	sehr schwache Leistung

Tabelle 8.14: Einteilung der Probanden in drei Kategorien

Prozentrang	Kategorie
100-76	High Performer
75-26	Middle Performer
<25	Low Performer

Leistung. Für die Auswertung wird diese Einteilung in drei Kategorien zusammengefasst: *High Performer*, *Middle Performer*, *Low Performer* (vgl. Tabelle 8.14.).

9 Auswertung und Ergebnisse

Zunächst werden in den folgenden Kapiteln die verschiedenen Testinstrumente dieser Studie isoliert betrachtet (Kapitel 9.1., 9.2., 9.3., 9.4.) und anschließend mithilfe von Gruppenvergleichen detaillierter untersucht. Diese Vorgehensweise ist notwendig, um klären zu können, ob die Ergebnisse global gültig oder abhängig von weiteren Faktoren wie Schulart oder Konfession sind und um eine detaillierte Analyse der Ergebnisse zu den Forschungsfragen I¹, II² und III³. zu ermöglichen. In Kapitel 9.5. werden die Ergebnisse der unterschiedlichen Instrumente dann zusammengeführt, Zusammenhänge untersucht und Antworten auf Forschungsfrage III gegeben.

9.1 Vorstellungen zu Anpassung und Auslese

Die Auswertung erfolgt aufgabenbezogen. Dies führt zu einer Stichprobe von N=4260. Insgesamt werden Antworten zu 3928 Aufgaben kodiert. Weitere 332 Aufgaben müssen als fehlend deklariert werden, entweder weil Angaben fehlen, die Antwort nicht in deutscher Sprache gegeben wurde oder in der Antwort kein Bezug zur Aufgabe besteht. Diese Antworten fließen nicht in die Analyse mit ein. Zunächst wird aufgezeigt, welche Vorstellungen zu finden sind und wie diese sich abhängig von Schulart und Jahrgangsstufe unterscheiden (vgl. Kapitel 9.1.1., Forschungsfrage I). Dadurch soll ein Vergleich mit den Ergebnissen anderer Studien ermöglicht werden. Im Anschluss erfolgt eine Analyse im Bezug auf die verschiedenen Aufgabenkontexte. Damit soll geklärt werden, ob bestimmte Vorstellungen in bestimmten Aufgabenkontexten wahrscheinlicher abgerufen werden (vgl. Kapitel 4.2.3.), wodurch Forschungsfrage II beantwortet werden soll.

¹I. Über welche Vorstellungen zu evolutionären Prozessen verfügen die untersuchten Schüler der 8. und 9. Jahrgangsstufe, die nicht formal zum Thema Evolution unterrichtet wurden?

²II. Inwiefern unterscheiden sich die Vorstellungen von Schülerinnen und Schülern zu Natürlicher Selektion und Anpassung in Abhängigkeit vom gewählten Aufgabenkontext?

³III. Welchen Einfluss auf die Vorstellungen der Schülerinnen und Schüler haben weitere Faktoren, wie a. Religiosität b. Wissenschaftsverständnis c. Lesekompetenz?

9.1.1 Ausgewählte Vorstellungen in der Stichprobe

In diesem Kapitel werden zu Beginn die Ergebnisse vorgestellt, die Elemente fachlicher Vorstellungen beinhalten. Diese werden im ICM *Auslese* verortet oder in Beziehung zu fachlichen Vorstellungen gesetzt. Anschließend werden weitere lebensweltliche Vorstellungen näher beleuchtet und mit dem ICM *Gezielte Gegenstandsanpassung* abgeglichen. Darauf folgend werden weitere ausgewählte Kategorien des Leitfadens ausgewertet. Leitend dafür ist die Forschungsfrage I: *Über welche Vorstellungen zu evolutionären Prozessen verfügen die untersuchten Schüler der 8. und 9. Jahrgangsstufe, die nicht formal zum Thema Evolution unterrichtet wurden?*

9.1.1.1 Vorstellungen zu Variation und Selektion

Zunächst werden einzelne und wichtige Aspekte fachlich orientierter Vorstellungen mit ihren dazugehörigen Kategorien betrachtet.

Eine *Variation* wird in 8,9% der Aufgaben beschrieben. Die Kategorie *Erblichkeit von Variation* tritt in 4,6% der Fälle auf. Die Kategorie *Auslese* kann in 7% der Fälle vergeben werden. Die Erkenntnis einer *Variation* ist eine Voraussetzung für eine *Auslese*. Es zeigt sich also, dass 7% der Schüler die *Variation* nutzen, um daraus eine *Auslese* als Mechanismus für eine evolutionäre Änderung abzuleiten. Ein Teil dieser Probanden beschreibt auch die *Erblichkeit von Variation*. Eine Vererbung der *Variation* ist notwendig, damit überhaupt ein evolutionärer Wandel beschrieben werden kann. Die Kategorien *Variation* und *Auslese* werden im ICM *Auslese* beschrieben und weisen darauf hin, dass diese Denkfigur bei den Probanden vorhanden ist. Fachliche Vorstellungen enthalten jedoch noch weitere Elemente. Nur in 0,9% der Fälle wird der Zufall in seiner Bedeutung für evolutionäre Prozesse beschrieben. Das Verständnis der Probabilität von evolutionären Prozessen ist jedoch elementar für eine fachlich angemessene Vorstellung (vgl. Kapitel 4.1.). Alle weiteren Kategorien, die Aspekte fachlicher Vorstellungen abbilden, treten nicht oder nur vereinzelt auf: *Ressourcenknappheit* (0,3%), *Überfruchtbarkeit* (0,1%), *Wettbewerb um Ressourcen* (1,1%), *Unterschiedlicher Fortpflanzungserfolg* (2,4%), *Anpassung hat Grenzen* (0,1%) und *Gradualität* (3,3%).

Evolutionsscore

Alle oben beschriebenen Kategorien fließen in einen Score ein. Durch den *Evolutionsscore* (vgl. Kapitel 8.3.1.) wird versucht darzustellen, inwieweit Schüler fachlich

9.1 Vorstellungen zu Anpassung und Auslese

Tabelle 9.1: Verteilung des *Evolutionsscores* über die Stichprobe

Wert	Häufigkeit	in %
0	3402	86,6%
1	198	5%
2	138	3,5%
3	67	1,7%
4	66	1,7%
5	30	0,8%
6	20	0,5%
7	4	0,1%
8	3	0,1%

angemessene Konzepte wie Variation und Selektion aufgreifen, beziehungsweise inwiefern sie davon abweichen. Mithilfe des Evolutionsscores kann abgebildet werden, ob Elemente fachlicher Vorstellungen geäußert werden und in welchem Umfang dies geschieht. Ein hoher Wert im Evolutionsscore bedeutet, dass viele Elemente fachlicher Vorstellungen gefunden werden, ein niedriger Wert, dass nur wenige Elemente gefunden werden. Wenn ein Wert von Null vergeben wird, können keine Elemente fachlicher Vorstellungen kodiert werden. Der theoretisch zu erreichende Maximalwert liegt bei zwölf Punkten (vgl. Kapitel 8.3.1.). Das erreichte Minimum für diesen Score liegt in der untersuchten Stichprobe bei Null, der erreichte Maximalwert bei Acht. Der Mittelwert ist 0,3 (SD=1). Bei einem Großteil (87,8%) der bearbeiteten Aufgaben wurden keinerlei fachlich angemessene Elemente verwendet. Der höchste erreichte Wert von acht Scorepunkten konnte drei Mal vergeben werden (vgl. Tabelle 9.1.). Die Verteilung der Antworten ist nach Sichtung des Histogramms nicht normalverteilt.

Ein Großteil der Probanden erreicht keine oder nur sehr geringe Werte im Evolutionsscore. Nur bei höheren Werten über drei Scorepunkten können die Antworten ausreichend fachlich angemessene Aspekte berücksichtigt haben. Werte unter drei beinhalten meist die Annahme einer *Variation* und die Anwendung des Konzepts *Auslese*. Daher können diese Antworten weitgehend dem lebensweltlichen Konzept zugeordnet werden, das sich im ICM *Auslese* wiederfindet (vgl. Kapitel 4.2.4.). Bei näherer Betrachtung zeigt sich, dass Personen, die beim Evolutionsscore einen Wert von Eins erhalten haben, in der Regel auf der Ebene des Individuums (zu 90,9%) und des Phänotyps (94,4%) argumentieren. Dies bedeutet, dass hier wesentliche Elemente einer fachlich angemessenen Erklärung nicht berücksichtigt (vgl. Kapitel 4.1.) wurden und daher eine Zuordnung zum lebensweltlichen Modell der Auslese angemessen erscheint.

9 Auswertung und Ergebnisse

Demnach verwenden auch Schüler ohne unterrichtsbasierte Vorkenntnisse bereits Elemente fachlicher Vorstellungen. Diese Vorstellungen können häufig dem ICM *Auslese* zugeordnet werden.

9.1.1.2 Lebensweltliche Vorstellung einer gezielten Gegenstandsanpassung

Kategorien, die der lebensweltlichen Vorstellung einer *gezielten Gegenstandsanpassung* zugeordnet werden können und damit Elemente dieser darstellen, konnten vergleichsweise häufig gefunden werden. Die Kategorie *Anpassungserkenntnis* wurde in 22,5% der Fälle vergeben, eine *Anpassungsintention* in 22,9% und eine Anpassungsnotwendigkeit in 46,7% der Fälle. Eine Körperweisheit wurde in 2,8% der Fälle beschrieben. Diese Kategorien stellen im ICM Voraussetzungen für eine *adaptive körperliche Änderung* dar. Die Kategorie *Adaptive körperliche Änderung* wurde in 24,5% der Fälle kodiert. Eine *adaptive genetische Änderung* in 2,6% der Fälle. Die Kategorien *Reaktivität* (23,2%) und *Finalität* (23,3%), die im ICM unter den Eigenheiten verortet werden, konnten ebenfalls häufig vergeben werden. Diese Kategorien fließen in den Score der *Gezielten Gegenstandsanpassung* ein. Dieser Score bildet ab, in welchem Umfang Elemente des ICMs der *gezielten Gegenstandsanpassung* verwendet werden, also inwiefern und in welchem Umfang diese lebensweltliche Denkfigur bei den Studienteilnehmern gefunden werden kann. Ein negativer Wert bedeutet, dass eine *Gezielte Gegenstands-anpassung* verneint wird. Umso höher der Wert im Score, umso mehr Elemente der Denkfigur der *Gezielten Gegenstandsanpassung* wurden kodiert. Ein hoher Wert bedeutet also eine hohe Entsprechung mit diesem ICM (Kapitel 4.2.4.). Das bedeutet, dass Personen, die einen hohen Scorewert erhalten, umfassend mit dem ICM argumentieren. Diese Personen verfügen dann über eine Vorstellung, die sowohl Voraussetzungen, Mechanismen, als auch Eigenheiten umfasst. Personen mit einem niedrigen positiven Wert argumentieren nur mit Teilen des ICMs, beispielsweise den Voraussetzungen. Das erreichte Minimum des Scores liegt bei -2, das erreichte Maximum bei acht. Der Mittelwert liegt in der Stichprobe bei 1,8 (ST=2,4). Ein negativer Wert wird nur in einem Fall vergeben. Bei 45,4% der Aufgaben kann kein Punkt vergeben werden, bei 23,1% wird jeweils ein Punkt vergeben. Vergleichsweise häufig werden sechs Punkte vergeben (19,5%). Dies bedeutet, dass bei 19,5% der Probanden Vorstellungen gefunden werden konnten, die in großen Teilen dem ICM *Gezielte Gegenstands-anpassung* entsprechen. Diese nutzen in ihren Erklärungen sowohl Voraussetzungen, als auch Mechanismen und Eigenheiten um den Anpassungsprozess zu beschreiben. Probanden, die einen Wert zwischen eins und drei erhalten haben, beschrieben in

Tabelle 9.2: Verteilung des Scores der Gezielten Gegenstandsanpassung über die Stichprobe

Scorewert	Häufigkeit
-2	1
-1	0
0	1751
1	917
2	155
3	79
4	161
5	74
6	766
7	15
8	1

der Regel nur Voraussetzungen für einen Anpassungsprozess, machten jedoch keine weiteren Angaben zu Mechanismen und Eigenheiten. Alle anderen Punktvergaben treten seltener auf (vgl. Tabelle 9.2.). Ein Höchstwert von acht Punkten wird einmal vergeben. Auch die Werte dieses Scores sind nach Sichtung des Histogramms nicht normalverteilt.

9.1.1.3 Betrachtung weiterer Kategorien

Im Folgenden sollen weitere Kategorien betrachtet werden, die für die Hypothesen beziehungsweise die weitere Analyse von Belang sind. Dazu werden keine weiteren Scores gebildet, sondern es erfolgt eine Analyse, die betrachtet, wie häufig einzelne Kategorien kodiert werden konnten.

Auswertung zur Kategorie *Gebrauch respektive Nichtgebrauch als Erklärung für eine Veränderung* Diese Kategorie stellt eine Sonderform eines Anpassungsprozesses im ICM *Gezielte Gegenstandsanpassung* dar und ist damit auch Bestandteil des Scores der *Gezielten Gegenstandsanpassung*. In vielen Studien (Nehm & Ha, 2011; Lammert, 2012), wird diese Kategorie jedoch als eigene lebensweltliche Vorstellung aufgeführt, weswegen sie an dieser Stelle zur besseren Vergleichbarkeit mit anderen Arbeiten ebenfalls isoliert betrachtet wird. Die Kategorie *Gebrauch respektive Nichtgebrauch als Ursache für Veränderung* wurde in 1,3% aller Aufgaben vergeben.

Auswertung zur Kategorie *Proximate Vorstellungen* *Proximate* Vorstellungen lassen sich in 11,3% der Aufgaben finden. In diesen Fällen wird also kein Bezug zu den evolutionären Prozessen hergestellt sondern es findet eine Fokussierung auf die Wirkursachen statt (vgl. Kapitel 4.2.1).

Betrachtung weiterer Kategorien Die folgenden Kategorien wurden nur in einem sehr geringen Umfang kodiert. Um jedoch die Bandbreite der gefundenen Vorstellungen abzubilden, sollen sie hier dennoch erwähnt werden. Die Kategorie *Kreuzung* wird in 2,8% der Fälle beschrieben. Eine Änderung tritt hier ein, weil sich zwei Individuen kreuzen und durch diese Kreuzung ein besser angepasstes Individuum entsteht. Ob die Kreuzung bewusst oder unbewusst und mit dem Ziel der besseren Anpassung erfolgt, kann jedoch in den meisten Fällen nicht ausreichend stichhaltig differenziert werden, weswegen eine Unterscheidung für die Auswertung im Rahmen dieser Arbeit nicht weiter vorgenommen wird. Die *Zeit als Mechanismus* wird in 6% der Fälle beschrieben. Dies beinhaltet Vorstellungen, die eine Anpassung erfolgen lassen, wenn nur ausreichend Zeit vergeht. Dabei kann die Zeit als Akteur verstanden werden (vgl. Kapitel 4.2.4.). Ähnlich verhält es sich mit der folgenden Kategorie. In 0,8% der Aufgaben wird eine *Personifizierte Natur* beschrieben, die für eine Anpassung ursächlich ist. Hier tritt die *Natur* als ein aktiv und bewusst handelnder Akteur auf. Diese Vorstellung hat eine gewisse Nähe zu einer religiösen Vorstellung, in der ein Schöpfergott diese Rolle einnimmt. Die Idee eines Schöpfers, der die Lebewesen erschaffen hat, lässt sich nur in 0,7% aller Aufgaben finden. Für einen Großteil der befragten Schüler scheinen demnach religiöse Vorstellungen im Kontext Evolution keine oder eine stark untergeordnete Rolle zu spielen. Aus diesem Grund wird diese Kategorie aus den weiteren Berechnungen weitgehend ausgeklammert und nur dort näher betrachtet, wo sie relevant ist. Dies ist der Fall, wenn die Schüler, die eine solche Vorstellung äußern, im Hinblick auf ihre Religiosität näher betrachtet werden sollen (vgl. Kapitel 9.5.1.). Eine *Abwanderung* wird in 0,7% der Fälle beschrieben. Diese Kategorie beinhaltet Vorstellungen, die das Vorhandensein von Individuen mit deren Ab- oder Zuwanderung erklären. Beispielsweise sind Mäuse mit längeren Schwänzen nicht mehr zu beobachten, weil sie weggegangen (abgewandert) sind. Die Kategorie *Externe Faktoren* wird in 5,8% der Fälle gefunden. Diese Kategorie wird vergeben, wenn die Änderung aufgrund eines externen Faktors wie beispielsweise der Sonneneinstrahlung oder der Luftverschmutzung ausgelöst wird. Diese Änderung ist jedoch nur temporär und wird nicht vererbt, kann daher also nicht evolutionär wirken.

9.1 Vorstellungen zu Anpassung und Auslese

Tabelle 9.3: Verteilung des *Evolutionsscores* über die Stichprobe in Abhängigkeit von der Schulart

Schulart	Evolutionsscore								
	0	1	2	3	4	5	6	7	8
Werkrealschule	336	11	12	3	1	0	0	0	0
Realschule	1671	53	50	18	12	0	0	0	0
Gymnasium	1443	90	72	50	48	31	18	8	1

9.1.1.4 Vergleich der Vorstellungen zwischen den Schularten und Jahrgangsstufen

Eine weitere Untersuchung befasst sich mit der Frage, ob in den betrachteten Gruppen Unterschiede in den Erklärungen gefunden werden können. Dabei werden einerseits die unterschiedlichen Schularten und andererseits die unterschiedlichen Jahrgangsstufen betrachtet.

Vergleich der Vorstellungen zu Variation und Auslese zwischen Schularten Die Kategorie *Auslese* wird nur bei 3,6% der Werkrealschüler und bei 3,9% der Realschüler gefunden, jedoch bei 12,2% der Gymnasiasten. Ein Chi-Quadrat Test zeigt einen hochsignifikanten Unterschied ($p < .001^{***}$) zwischen diesen Gruppen. Auch bei der Kategorie *Variation* ist der Unterschied zwischen den Gruppen hochsignifikant ($p < .001^{***}$). Bei den Werkrealschülern wird diese Kategorie nur in 5,8% der Fälle gefunden, bei den Realschülern in 5,7% der Fälle und bei den Gymnasiasten in 14,4% der ausgewerteten Aufgaben. Der Kruskal-Wallis-Test zeigt einen hochsignifikanten Unterschied zwischen den Schularten bezüglich des *Evolutionsscores* ($\chi^2(2, N = 3928) = 80,33, p < .001^{***}, d_{\text{Cohen}} = .28$). Anschließend durchgeführte Post-hoc-Tests (Dunn-Bonferroni-Tests) zeigen, dass sich Werkrealschule und Gymnasium ($z = -5,73, p < .001^{***}$), ebenso wie Realschule und Gymnasium ($z = -8,27, p < .001^{***}$) hoch signifikant voneinander unterscheiden. Die ermittelte Teststärke zeigt jedoch beim Gruppenvergleich Realschule und Gymnasium nur einen kleinen Effekt ($d_{\text{Cohen}} = .24$), ebenso beim Gruppenvergleich Werkrealschule und Gymnasium ($d_{\text{Cohen}} = .27$). Bei der Interpretation der Effektstärken wurde nach Cohen (1988) vorgegangen.⁴ Hohe Werte im *Evolutionsscore* wurden ausschließlich von Gymnasiasten erreicht (vgl. Tabelle 9.3.).

⁴ $d_{\text{Cohen}} = 0.0-0.1$: kein Effekt / $d_{\text{Cohen}} = 0.2-0.4$: kleiner Effekt / $d_{\text{Cohen}} = 0.5-0.7$: mittlerer Effekt / $d_{\text{Cohen}} = 0.8-1$: großer Effekt

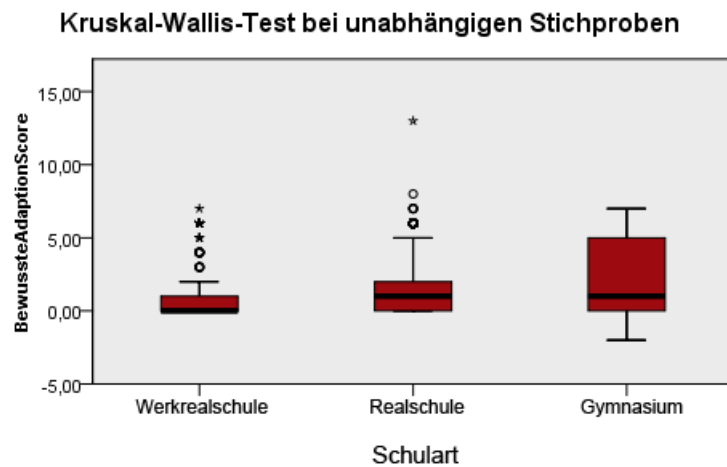


Abbildung 9.1: Boxplot zur Verteilung des *Scores der Gezielten Gegenstandsanpassung* über die Schularten

Vergleich der Vorstellungen zwischen den Jahrgangsstufen Beim Vergleich der Schüler der 8. und 9. Jahrgangsstufe zeigt sich ebenfalls ein hoch signifikanter Unterschied im Evolutionsscore ($U(N_1=993, N_2=2993)=1555618, p<.001^{***}, d_{\text{cohen}}=.10$).

Vergleich der Vorstellung einer gezielten Gegenstandsanpassung zwischen den Schularten Auch beim Score *Gezielte Gegenstandsanpassung* erbringen Gruppenvergleiche der Schularten hoch signifikante Unterschiede mit jedoch nur sehr geringen Effekten (vgl. Abbildung 9.1.). Betrachtet man im Vergleich die Gruppe Gymnasium und Realschule, findet sich ein hoch signifikanter Unterschied ($U(n_1=1830, n_2=324,7, p<.001^{***})$ mit einem kleinen Effekt ($d_{\text{cohen}}=.30$). Ebenso beim Gruppenvergleich Gymnasium und Werkrealschule ($U(N_1=455, N_2=1830)=-590,7, p<.001^{***}, d_{\text{cohen}}=.42$) und Realschule und Werkrealschule ($U(N_1=455, N_2=1870)=-266, p<.001^{***}, d_{\text{cohen}}=.19$).

Betrachtung weiterer Kategorien Bei den weiteren Kategorien wie beispielsweise den *Proximalen Erklärungen* oder den *Religiösen Vorstellungen* lassen sich keine signifikanten Unterschiede in Abhängigkeit von der Schulart oder Jahrgangsstufe ermitteln.

9.1.2 Unterschiede in Abhängigkeit vom Aufgabenkontext

Auf den folgenden Seiten wird erörtert, welche Unterschiede sich in den Schülervorstellungen abhängig von den unterschiedlichen Aufgabenkontexten finden lassen. Dazu wird jeweils isoliert ein gezielt variiertes Aufgabenkontext der Vergleichsgruppe gegenübergestellt. Die Auswertung erfolgt mithilfe der beiden Scores und weiterer relevanter Kategorien. Sofern nichts anderes vermerkt ist, basiert die Auswertung auf der gesamten Stichprobe. Bei manchen Berechnungen wird jedoch nur eine Teilstichprobe betrachtet, da sich schon bei der grundlegenden Auswertung Gruppenunterschiede (beispielsweise zwischen den Schularten) gezeigt haben. Dies wird an den jeweiligen Stellen konkretisiert.

Die Auswertung orientiert sich anhand der in Kapitel 8.1.1. vorgestellten Forschungsfragen. Vier Kontextfacetten werden dazu gezielt getestet:

- Anfangs- und Endzustand (B)
- Variation (C)
- Taxa (D)
- Selektionsdruck (E)

Set A ist die Vergleichsgruppe ohne gezielte Variation des Aufgabenkontexts.

9.1.2.1 Faktor: Nennung von Anfangs- und Endzustand im Aufgabenkontext

B: Welchen Einfluss auf Schülervorstellungen zu Natürlicher Selektion und Anpassung hat die Nennung des Anfangs- und Endzustandes eines evolutionären Prozesses gegenüber der alleinigen Nennung des Endzustandes?

Für die Klärung dieser Frage wird der Vergleichsgruppe (Set A) die Versuchsgruppe (B) gegenübergestellt (vgl. Abbildung 9.2.). Im Aufgabenset der Vergleichsgruppe befinden sich Aufgabenkontexte mit der Beschreibung des Anfangs- und Endzustandes. Im Aufgabenset der Versuchsgruppe (Set B) befinden sich nur Aufgaben mit dem Hinweis auf den Endzustand. Zunächst erfolgt die Auswertung im Hinblick auf den Score *Gezielte Gegenstandsanzuspassung*. Der Mittlere Rang beim Referenzset (A) liegt bei 940,3, der mittlere Rang beim Set Endzustand (B) bei 697,1. Dieser Unterschied ist hoch signifikant ($U(N_1 = 763, N_2 = 859) = 2294465,5, p < .001^{***}$) und zeigt nach Cohen (1988) einen kleinen Effekt ($d_{\text{cohen}}=0.28$). Damit kann die Hypothese H(B1) bestätigt werden.

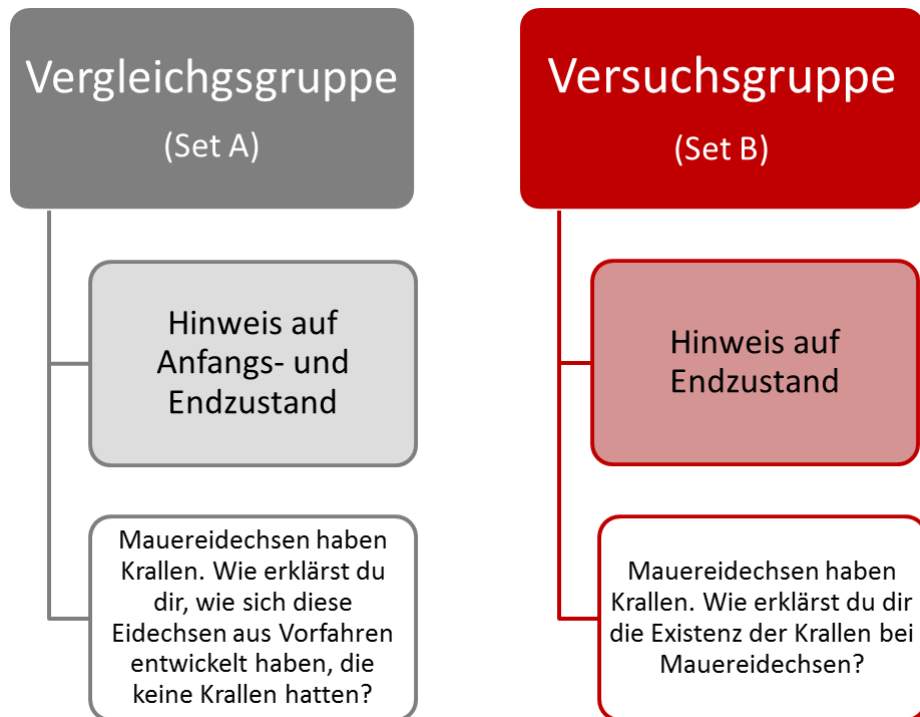


Abbildung 9.2: Gegenüberstellung von Vergleichsgruppe und Versuchsgruppe Endzustand

H(B1): Bei Nennung des Anfangs- und Endzustandes eines evolutionären Prozesses wird wahrscheinlicher eine Erklärung gewählt, die sich der gezielten Gegenstandsanpassung bedient, als wenn ausschließlich der Endzustand des Prozesses beschrieben wird.✓

Der Mann-Whitney-Test nur mit Schülern einer Schulform zeigt noch deutlichere Unterschiede zwischen den Gruppen (Set A: Referenz / Set B: Nur Endzustand) (Gymnasium: $U(N_1 = 431, N_2 = 386) = 53100,00$ $p < .001^{***}$, $d_{\text{cohen}} = 0.66$, Realschüler: $U(N_1 = 349, N_2 = 314) = 38339,50$ $p < .001^{***}$, $d_{\text{cohen}} = 0,54$). Bei Werkrealschülern lässt sich kein signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen finden ($U(N_1 = 63, N_2 = 77) = 2121,00$ $p = .145$). In einem nächsten Schritt wird untersucht, inwieweit sich die Schülerantworten hinsichtlich der Nutzung fachlich angemessener Konzepte unterscheiden. Hierzu wird der Evolutionsscore genutzt. Der Mittlere Rang des Referenzsets (Set A) liegt bei 866,7 und der des Sets Endzustand (Set B) bei 761,5. Da beim Evolutionsscore keine Normalverteilung vorliegt, wird mit dem Mann-Whitney-U-Test ein nicht parametrischer Test durchgeführt.

9.1 Vorstellungen zu Anpassung und Auslese

trisches Verfahren verwendet. Der U-Test zeigt einen hochsignifikanten Unterschied zwischen den Aufgabensets ($U(N_1 = 762, N_2 = 859) = 284712, p < .001^{***}$). Set A führt zu höheren Werten im Evolutionsscore. Die Effektstärke ist jedoch gering ($d_{\text{cohen}} = 0.23$). Insgesamt finden sich in Set A häufiger evolutionäre Vorstellungen als in Set B.

Im Anschluss wird die Hypothese geprüft, ob Schüler bei ausschließlicher Nennung des Endzustandes nicht identifizieren, dass über die Aufgabe evolutionäre Erklärungen erhoben werden sollen und stattdessen auf physiologischer Ebene antworten. Evolutionäre Vorstellungen erfordern *Auslese* oder *Gezielte Gegenstandsanpassung*. Nur über diese Vorstellungen kann ein evolutionärer Wandel über Generationen erklärt werden. Wenn die Kontextualisierung fehlt, müsste die Kategorie *Proximate Erklärungen* häufiger auftreten. Mithilfe eines ChiQuadrat Tests kann gezeigt werden, dass bei Set B hoch signifikant häufiger proximate Vorstellungen zu finden sind ($\chi^2 (1, N = 1628) = 327,64, p < .001^{***}$). Die Berechnung der Effektstärke nach Cohen zeigt einen großen Effekt ($d_{\text{cohen}} = 1.0$). Die Hypothese (B2) kann also bestätigt werden.

H(B2): Bei Nennung des Endzustandes sinkt die Wahrscheinlichkeit der Identifikation des ICM Gezielte Gegenstandsanpassung, sodass andere Vorstellungen vergleichsweise häufiger auftreten. ✓

9.1.2.2 Faktor: Beschreibung von Variation im Aufgabenkontext

C: Welchen Einfluss auf Schülervorstellungen hat die Beschreibung von Variation zwischen Lebewesen?

Zwischen Referenzset ohne Hinweis auf Variation (Set A) und Set mit Hinweis auf Variation (Set C) (vgl. Abbildung 9.3.) besteht ein signifikanter Unterschied im Evolutionsscore ($U(N_1 = 762, N_2 = 766) = 268959,0, p = .043^*$). Der Mittlere Rang bei Set A liegt bei 734,5 und bei Set C bei 766,1. In Set C werden signifikant häufiger Vorstellungen geäußert, die einen Ausleseprozess beinhalten als in Set A. Jedoch zeigt die Berechnung der Effektstärke, dass kein nennenswerter Effekt vorliegt ($d_{\text{cohen}} = 0.14$). Die Hypothese C1 kann also bestätigt werden.

H(C1): Bei Hinweis auf Variation in einer Population in der Aufgabe ist die Zahl von Vorstellungen, die sich des ICM Auslese bedienen, vergleichsweise größer als in Aufgaben ohne diese Differenzierung. ✓

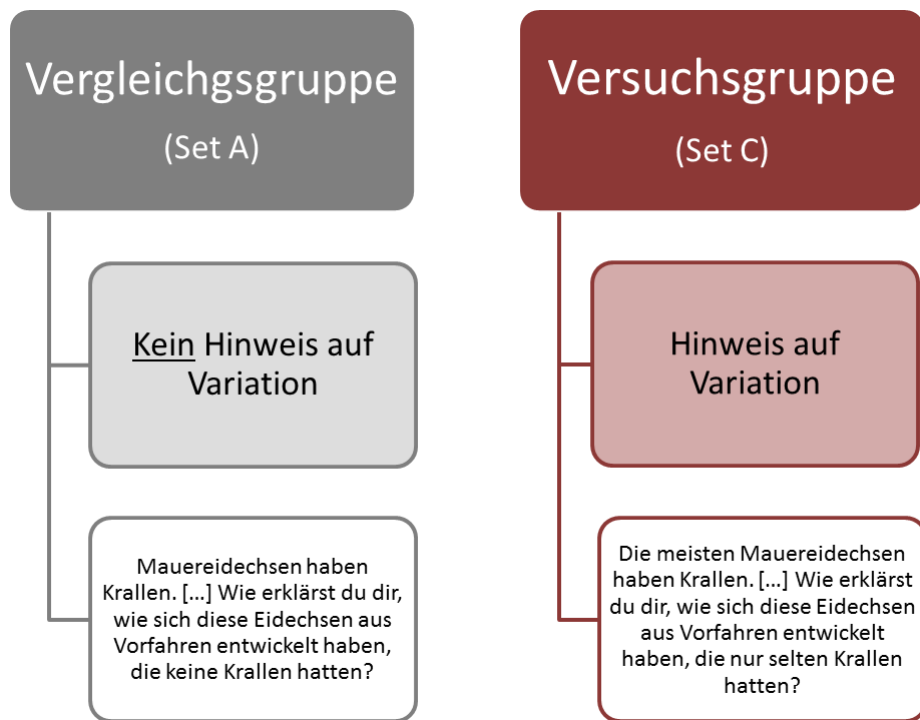


Abbildung 9.3: Gegenüberstellung von Vergleichsgruppe und Versuchsgruppe Variation

Bei Set C wird signifikant häufiger die Variation in der Population zur Erklärung genutzt ($\chi^2(1, N = 1258) = 9,1, p = .003^{**}$) als in Set A. Die Berechnung der Effektstärke zeigt dafür jedoch nur einen kleinen Effekt ($d_{\text{cohen}} = 0.18$). Bei den unterschiedlichen Schularten lässt sich kein Unterschied feststellen.

9.1.2.3 Faktor: Wahl des Taxon

D: Welchen Einfluss hat die Wahl unterschiedlicher Taxa?

Zunächst muss geklärt werden, wie sich Aufgabenset Referenz (Set A) und Aufgabenset D bezüglich des Antwortverhaltens unterscheiden. In Aufgabenset D wurden die inhaltlich identischen Aufgaben wie in Aufgabenset A gestellt, nur wurden hier die verwendeten Lebewesen ausgetauscht. Beispielsweise findet sich in Aufgabenset

9.1 Vorstellungen zu Anpassung und Auslese

A die Aufgabe mit einer Mauereidechse, in Aufgabenset D mit einem Säulenkaktus (vgl. Abbildung 9.4.). Abgesehen von diesem Unterschied sind die Aufgaben identisch.

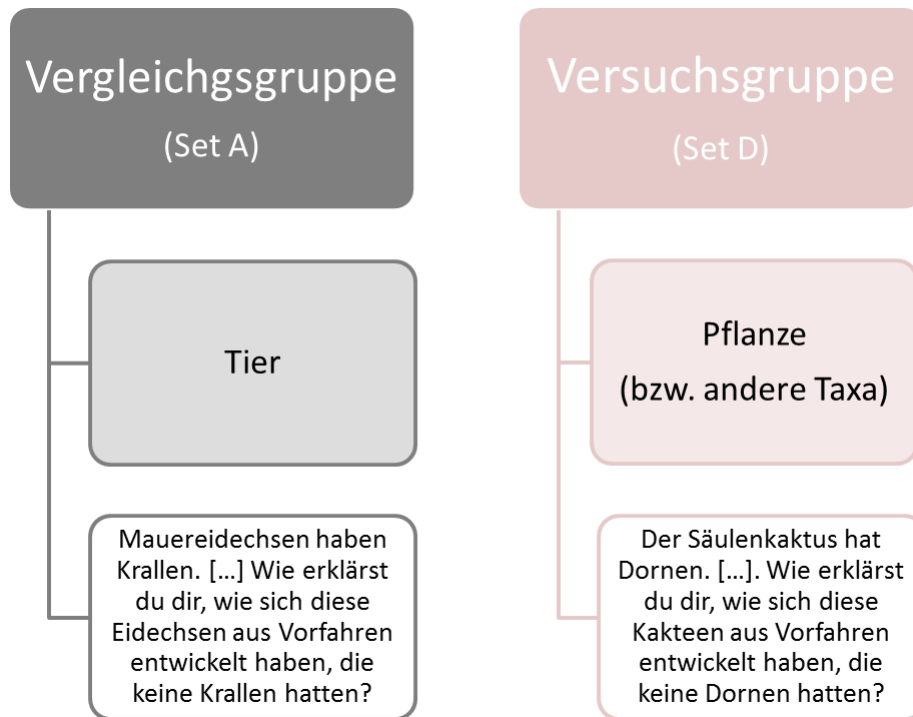


Abbildung 9.4: Gegenüberstellung von Vergleichsgruppe und Versuchsgruppe Taxon

Wie in Kapitel 4.2.2. erläutert, zeigen andere Studien (u.a. Engel-Clough & Wood-Robinson, 1985; Ha, Lee & Cha, 2006) Effekte, die auf die Wahl des Taxon zurückgeführt werden können. Im Modell der *Gezielten Gegenstandsanzpassung* geht die Handlung von einem Akteur aus, der eine Situation (bewusst oder unterbewusst) erkennt und entscheidet, ob eine Handlung durchzuführen ist. Der Akteur selbst kann dabei zum anzupassenden Gegenstand werden (vgl. Kapitel 4.2.4.). Damit verbunden stellt sich die Frage, ob dem jeweiligen Akteur abhängig vom gewählten Taxon wahrscheinlicher eine wohlüberlegt aktive Änderung zum Zweck der Anpassung zugeschrieben wird oder nicht (vgl. Kapitel 4.2.3.). Der Mittlere Rang im Referenzset (Set A) liegt bei 802,1, der Mittlere Rang im Set E (andere Taxa) bei 721,8. Ein durchgeführter U-Test zeigt einen hochsignifikanten Unterschied zwischen den beiden Sets bezüglich

9 Auswertung und Ergebnisse

des *Scores der Gezielten Gegenstandsanpassung* ($U(N_1=762, N_2=760)=259355, p<.001^{***}, d_{\text{Cohen}}=0.18$). Um zu klären, inwiefern sich das Antwortverhalten der Probanden abhängig vom verwendeten Taxon unterscheidet, müssen jeweils die inhaltlich identischen Aufgaben, die sich jedoch nur im dem verwendete Taxon unterscheiden, näher betrachtet werden. Dazu sind mehrere Vergleiche erforderlich. Zu diesem Zweck wird ein Kruskal-Wallis-Test durchgeführt und der paarweise Vergleich näher betrachtet.

Aufgabe 1: Gepard oder Birkenspanner Der Unterschied zwischen diesen beiden Aufgaben ist bezüglich des *Scores der Gezielten Gegenstandsanpassung* signifikant ($z=33,80, p=.033^*$). Bei der Aufgabe Gepard (Mittlerer Rang= 943,6) wird deutlich häufiger mit einer *Gezielten Gegenstandsanpassung* argumentiert als bei der Aufgabe Birkenspanner (Mittlerer Rang=789,1). Beim Evolutionsscore können keine signifikanten Unterschiede gefunden werden. Auch bei der Frage, ob bei einer Aufgabe wahrscheinlicher von einer Anpassungserkenntnis oder Anpassungsintention ausgegangen werden kann, können keine signifikanten Unterschiede gefunden werden.

Aufgabe 2 bis 5 Es können keine signifikanten Unterschiede gefunden werden.

Da sich nur bei Aufgabe 1 überhaupt ein signifikanter Unterschied zeigt, können die für dieses Aufgabenset aufgestellten Hypothesen nicht bestätigt werden. Für die Hypothesen D1, D2 und D3 ergibt sich folgendes Ergebnis:

H(D1): Lebewesen, die den Schülern vertraut sind, werden wahrscheinlicher die Fähigkeit zur Erkenntnis der eigenen Situation (Anpassungserkenntnis) und eine daraus abgeleitete Notwendigkeit zur Anpassung zugeschrieben. -> kann nicht bestätigt werden.

H(D2): Wenn einem Lebewesen die Fähigkeit zu einer Anpassungserkenntnis zugeschrieben wird, steigt die Wahrscheinlichkeit der Identifikation mit dem ICM der Gezielten Gegenstands-anpassung, so dass Vorstellungen die sich diesem bedienen vergleichsweise häufiger auftreten. -> kann nicht bestätigt werden.

H(D3): Manchen Lebewesen wird wahrscheinlicher die Fähigkeit abgesprochen, ihre Situation bewusst zu erkennen. Anstatt dessen nimmt der Körper Informationen auf, bewertet sie und reagiert sinnvoll im Sinne einer Anpassung (Körperweisheit) -> kann nicht bestätigt werden.

9.1.2.4 Faktor: Selektionsdruck

E: Welchen Einfluss hat die Beschreibung eines Selektionsdrucks im Aufgabenkontext?

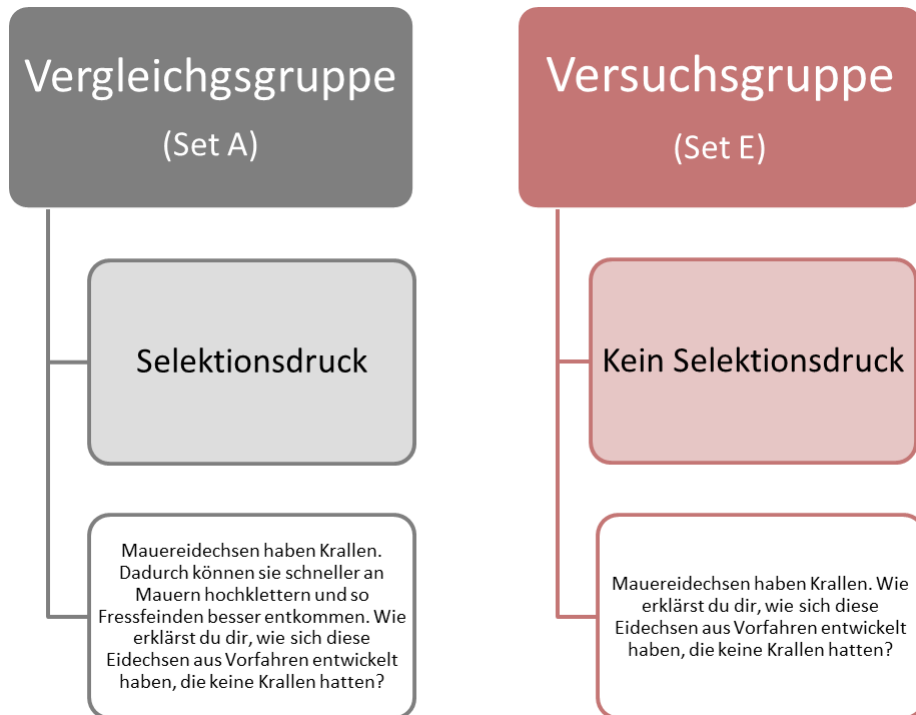


Abbildung 9.5: Gegenüberstellung Vergleichsgruppe und Versuchsgruppe Selektionsdruck

Wenn kein Selektionsdruck (vgl. Abbildung 9.5.) in der Aufgabe beschrieben wird (Set E), werden signifikant seltener fachlich orientierte Vorstellungen verwendet (Evolutionsscore: Mittlerer Rang Aufgabenset A=828,9, Mittlerer Rang Aufgabenset B=744,54, $U(762,808)=274755,0$, $p<.001^{***}$, $d_{\text{cohen}}=.19$). Außerdem kann beobachtet werden, dass die Schüler in diesem Set häufiger Vorstellungen äußern, die eine *Anpassungsnotwendigkeit* beschreiben (vgl. Tabelle 9.4.). Dass dieser Unterschied signifikant ist, kann mit einem Chi-Quadrat Test gezeigt werden ($\chi^2(1, N = 1571) = 40,194$, $p<.001^{***}$, $d_{\text{cohen}}=.32$).

Betrachtet man, ob daraus die Beschreibung eines Anpassungsprozesses im Sinne einer *Gezielten Gegenstandsanpassung* abgeleitet wird, zeigt sich, dass die Schüler bei

9 Auswertung und Ergebnisse

Tabelle 9.4: Auftreten der Kategorie *Anpassungsnotwendigkeit* in Set A und Set E

Aufgabenset	Anpassungsnotwendigkeit	Keine Nennung
Referenz (A)	50,7% (387)	49,1% (375)
Selektionsdruck (E)	66,3% (536)	33,7% (272)

Tabelle 9.5: Auftreten der Kategorie *Adaptive körperliche Änderung* in Set A und Set E

Aufgabenset	Adaptive körperliche Änderung	Keine Nennung
Referenz (A)	39,3% (300)	60,7% (463)
Selektionsdruck (E)	26% (210)	74% (598)

Bearbeitung des Aufgabensets E (ohne Selektionsdruck) die Kategorie der *adaptiven körperlichen Änderung* deutlich seltener wählen. Dieser Unterschied ist hoch signifikant ($\chi^2(1, N = 1061) = 31,797, p < .001^{***}$). Dafür kann ein mittlerer Effekt festgestellt werden ($d_{\text{cohen}} = .35$). Die Hypothesen E1 und E2 können also bestätigt werden:

H(E1): Wenn im Aufgabenkontext Hinweise auf eine Diskrepanz zwischen anzupassendem Objekt und Maß fehlen, dann sinkt die Wahrscheinlichkeit, dass die Kognitiven Modelle der Gezielten Gegenstandsanpassung und Auslese zur Beantwortung herangezogen werden. ✓

H(E2): Wenn über die Angabe von Anfangs- und Endzustand eines Prozesses Konzeptualisierungen im Sinne des ICM der Gezielten Gegenstandsanpassung nahegelegt werden, dann nimmt die Wahrscheinlichkeit zu, dass weitere Elemente des ICM (z.B. Anpassungsnotwendigkeit) rekonstruiert werden. ✓

Die Auswertungen bezüglich der aufgestellten Hypothesen zu den Effekten der unterschiedlichen Kontexte werden in Tabelle 9.6. zusammengefasst.

9.1 Vorstellungen zu Anpassung und Auslese

Tabelle 9.6: Ergebnisse zu den Hypothesen H(B), H(C), H(D) und H(E).

Hypothese	Verifizierung	Werte	Weitere Ergebnisse
H(B1): Bei Nennung des Anfangs- und Endzustandes eines evolutionären Prozesses wird wahrscheinlicher eine Erklärung gewählt, die sich der gezielten Gegenstands-anpassung bedient, als wenn ausschließlich der Endzustand des Prozesses beschrieben wird.	✓	Score der gezielten Gegenstands-anpassung, $p < .001^{***}$, $d_{\text{cohen}} = .28$	Bei Set A werden signifikant höhere Werte im Evolutionsscore erreicht.
H(B2): Bei Nennung des Endzustandes sinkt die Wahrscheinlichkeit der Identifikation des ICM <i>Gezielte Gegenstands-anpassung</i> , sodass andere Vorstellungen vergleichsweise häufiger auftreten.	✓	Score der gezielten Gegenstands-anpassung, $p < .001^{***}$, $d_{\text{cohen}} = 1.0$	
H(C1): Bei Hinweis auf Variation in einer Population in der Aufgabe ist die Zahl von Vorstellungen, die sich des ICM <i>Auslese</i> bedienen, vergleichsweise größer als in Aufgaben ohne diese Differenzierung.	✓	Evolutions-score, $p = .043^*$, $d_{\text{cohen}} = .14$	Die Kategorie <i>Variation</i> wird in Aufgabenset C signifikant häufiger genannt ($p = .003^{**}$)
H(D1): Lebewesen, die den Schülern vertraut sind, werden wahrscheinlicher die Fähigkeit zur Erkenntnis der eigenen Situation (Anpassungserkenntnis) und eine daraus abgeleitete Notwendigkeit zur Anpassung zugeschrieben	kann nicht bestätigt werden		

9 Auswertung und Ergebnisse

H(D2): Wenn einem Lebewesen die Fähigkeit zu einer Anpassungserkenntnis zugeschrieben wird, steigt die Wahrscheinlichkeit der Identifikation mit dem ICM der Gezielten Gegenstands-anpassung, so dass Vorstellungen die sich diesem bedienen vergleichsweise häufiger auftreten.	kann nicht bestätigt werden		
H(D3): Manchen Lebewesen wird wahrscheinlicher die Fähigkeit abgesprochen, ihre Situation bewusst zu erkennen. Anstatt dessen nimmt der Körper Informationen auf, bewertet sie und reagiert sinnvoll im Sinne einer Anpassung (<i>Körperweisheit</i>).	kann nicht bestätigt werden.		
H(E1): Wenn im Aufgabenkontext Hinweise auf eine Diskrepanz zwischen anzupassendem Objekt und Maß fehlen, dann sinkt die Wahrscheinlichkeit, dass die Kognitiven Modelle der Gezielten Gegenstands-anpassung und Auslese zur Beantwortung herangezogen werden.	✓	Score der gezielten Gegenstands-anpassung, $p < .001^{***}$, $d_{\text{cohen}} = .32$	Es werden in Aufgabenset E seltener fachlich orientierte Vorstellungen verwendet als in Set A (Evolutionsscore, $p < .001^{***}$, $d_{\text{cohen}} = .19$). / Es wird in Aufgabenset E seltener die Kategorie <i>Adaptive körperliche Änderung</i> gewählt ($p < .001^{**}$, $d_{\text{cohen}} = .35$).

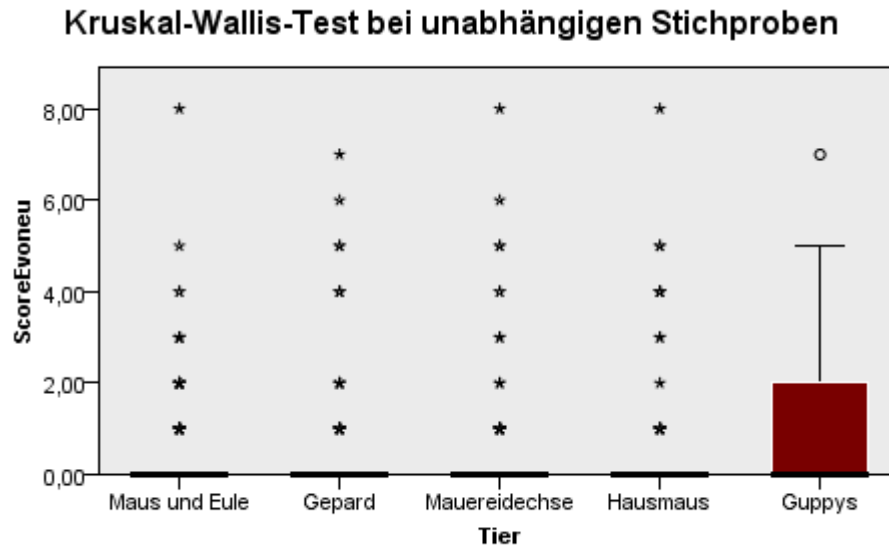


Abbildung 9.6: Boxplot über die Verteilung des Evolutionsscores auf die unterschiedlichen Aufgaben in Aufgabenset A (Vergleichsgruppe)

9.1.3 Unterschiede zwischen den Aufgaben eines Aufgabensets

Innerhalb eines Aufgabensets mit der gleichen Kontextfacette variieren die Erklärungen in ihrer Häufigkeit, die Aufgaben eines Sets werden also nicht konsistent beantwortet. Auf diesen Aspekt soll im Folgenden detailliert eingegangen werden.

Unterschiede innerhalb der Aufgabensets bezüglich des Evolutionsscores Innerhalb des **Aufgabensets A** (Vergleichsgruppe) kann mithilfe eines Kruskal-Wallis Test gezeigt werden, dass sich das Antwortverhalten bezüglich des erreichten Evolutionsscores stark und hoch signifikant abhängig von der Aufgabe unterscheidet ($H(4)=26,22$, $p<.001^{***}$, $d_{\text{cohen}}=0.35$, vgl. Abbildung 9.6.). Um die Unterschiede zwischen den Aufgaben zu untersuchen, wurden weitere H-Tests durchgeführt und nach Bonferroni korrigiert. Dabei zeigt sich, dass alle Aufgaben relativ konsistent beantwortet werden, mit Ausnahme der „Guppy“-Aufgabe. Zwischen den Aufga-

9 Auswertung und Ergebnisse

ben „Hausmaus“ und „Guppy“⁵ ($z=-4,36$, $p<.001^{***}$, $r=.24^6$), sowie „Mauereidechse“ und „Guppy“ ($z=-3,99$, $p<.001^{**}$, $r=.22$) wird ein hoch signifikanter Unterschied mit einem kleinen bis mittleren Effekt in der Teststärke gefunden. Auch zwischen den Aufgaben „Gepard“ und „Guppy“ ($z=-4,17$, $p<.001^{**}$, $r=.23$) und „Eule“ und „Guppy“ ($z=-3,379$, $p=.018^*$, $r=.17$) werden signifikante Unterschiede mit kleinem Effekt in der Teststärke gefunden (vgl. Abbildung 9.6.). Dieser Trend lässt sich auch innerhalb des **Aufgabensets C** (mit Hinweis auf Variation) entdecken (vgl. Abbildung 9.7.). Auch hier werden in der Aufgabe mit den „Guppys“ deutlich höhere Werte im Evolutionsscore als in anderen Aufgaben gefunden. Auch dafür wurde zunächst ein Kruskal-Wallis Test durchgeführt, der hoch signifikante Unterschiede zwischen den Aufgaben aufzeigt ($H(4)=26,29$, $p<.001^{***}$). Gruppenvergleiche wurden mit Bonferroni Korrektur durchgeführt. Die Aufgaben „Gepard“ und „Guppys“ ($z=-4,642$, $p<.001^{***}$, $r=.26$), „Eule“ und „Guppys“ ($z=-4,211$, $p<.001^{***}$, $r=.24$), „Hausmaus“ und „Guppys“ ($z=-2,960$, $p=.031^*$, $r=.17$) und „Mauereidechse“ und „Guppys“ ($z=-2,87$, $p=.042^*$, $r=.16$) unterscheiden sich teilweise hochsignifikant mit mittleren Effekten. In **Aufgabensets B** (Weglassen des Anfangszustands) können signifikante Unterschiede zwischen den Aufgaben innerhalb eines Aufgabensets bezüglich des Evolutionsscores gefunden werden ($H(4)=15,986$, $p=.003^{**}$). Ein Gruppenvergleich mit Bonferroni Korrektur zeigt signifikante Unterschiede mit kleinen Effekten in der Effektstärke nach Cohen (1988) zwischen den Aufgaben „Gepard“ und „Eule“ ($z=-3,521$, $p=.004^*$, $r=.19$) und „Mauereidechse“ und „Eule“ ($z=-3,269$, $p=.011^*$, $r=.17$). Dabei erreicht die Aufgabe „Eule“ in den höchsten Mittelwert im Evolutionsscore von 0,21 ($SD=0,67$) und damit einen signifikant höheren Wert als andere Aufgaben dieses Aufgabensets. In **Aufgabensets D**, in dem durchgehend andere Taxa gewählt wurden, wird ein signifikanter, jedoch kleiner Effekt beim Paarvergleich „Bakterien“ und „Paradiesvögel“ beobachtet ($z=-4,147$, $p=.002^{**}$, $r=.23$). Die Aufgabe „Paradiesvögel“ ist inhaltlich identisch zur Aufgabe „Guppys“ und unterscheidet sich ausschließlich im verwendeten Taxon. Bei beiden Aufgaben wählen mehr Probanden Vorstellungen, die sich Elementen fachlicher Vorstellungen bedienen als bei den anderen Aufgaben. Hierbei scheinen weitere Aspekte eine wichtige Rolle zu spielen, die an dieser Stelle nicht

⁵Die Aufgaben wurde aus Gründen der eindeutigen und leichten Zuordnung nach dem jeweils verwendeten Organismus benannt. Diese Benennung erfolgt über alle Aufgabensets hinweg gleich. Das bedeutet, dass jedes Aufgabenset (mit Ausnahme von Set D) beispielsweise eine Aufgabe „Hausmaus“ enthält. Diese Aufgabe wurde jedoch für jedes Set entsprechend variiert, unterscheidet sich also in der jeweiligen Kontextfacette.

⁶Für die Berechnung der Effektstärke wird beim Vergleich von mehr als zwei Medianen die Effektgröße r berechnet (Field, 2013). Die Interpretation erfolgt nach Cohen (1988): $r=0-.05$: kein Effekt / $r=.10-.2$: kleiner Effekt / $r=.24-.33$: mittlerer Effekt, $r=.37-.45$: großer Effekt

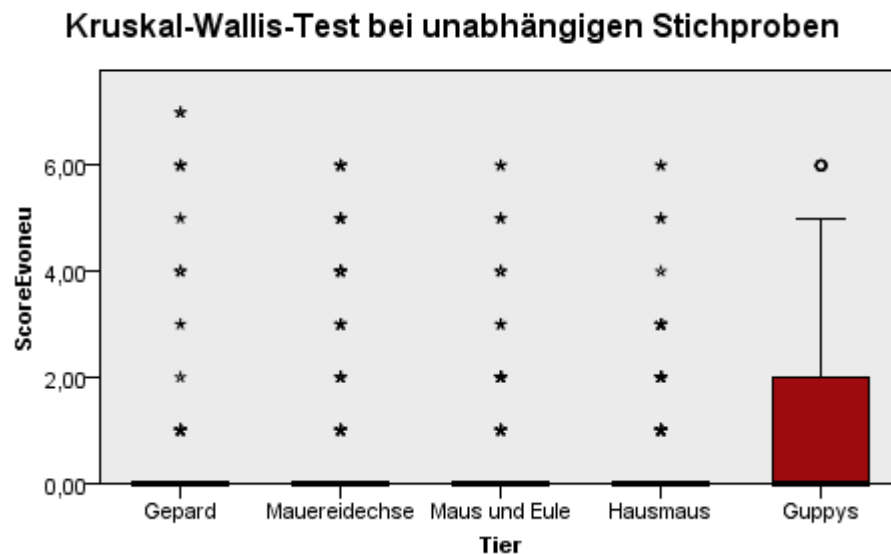


Abbildung 9.7: Boxplot über die Verteilung des Evolutionsscores auf die unterschiedlichen Aufgaben in Aufgabenset C

geklärt werden können. In **Aufgabensets E** (Wegfall Selektionsdruck) können keine Unterschiede zwischen den Aufgaben bezüglich des Evolutionsscores ausgemacht werden ($H(5) = 0,865$, $p = .973$).

Unterschiede innerhalb der Aufgabensets bezüglich des Scores *Gezielte Gegenstandsanpassung* Auch bezüglich des Scores der *Gezielten Gegenstandsanpassung* lassen sich Unterschiede zwischen den einzelnen Aufgaben innerhalb der Aufgabensets ausmachen (vgl. Abbildung 9.8.). Innerhalb des **Aufgabensets A** (Vergleichsgruppe) zeigt ein Kruskal-Wallis-Test hoch signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen ($H(4) = 36,47$, $p < .001^{***}$). Post-hoc-Tests mit Bonferroni Korrektur belegen Unterschiede zwischen den Aufgaben „Hausmaus“ und „Eule“, ($z = 3,167$, $p = .015^*$, $r = .18$), „Hausmaus“ und „Mauereidechse“ ($z = 3,611$, $P = .003^{**}$, $r = .20$) und „Hausmaus“ und „Gepard“ ($z = 5,953$, $p < .001^{***}$, $r = .33$). Diese sind zum Teil hoch signifikant mit mittlerer Effektstärke. Auch die Aufgabe „Guppys“, unterscheidet sich signifikant von der Aufgabe „Gepard“ ($z = 3,293$, $p = .01^{**}$, $r = .18$). Insgesamt wird bei der Aufgabe „Hausmaus“ nur ein deutlich geringerer Mittelwert von 1,63 ($SD = 2,28$) erreicht, in

9 Auswertung und Ergebnisse

der Aufgabe „Gepard“ der höchste Mittelwert von 3,15 (SD=2,62). Also zeigt sich bei diesem Set, dass bei der Aufgabe „Hausmaus“ signifikant weniger Vorstellungen auftreten, die sich dem Mechanismus der gezielten Gegenstandsanpassung bedienen als in anderen Aufgaben in diesem Set.

Innerhalb des **Aufgabensets B** (Nennung Endzustand) lassen sich mithilfe eines Kruskal Wallis Test hoch signifikante Unterschiede zwischen den Aufgaben eines Aufgabensets aufzeigen ($H(4)=66,472$, $p<.001^{***}$) (vgl. Abbildung 9.9.). Der anschließende Paarvergleich zeigt hoch signifikante Unterschiede mit mittleren Effekten zwischen den Gruppen „Gepard“ und „Guppys“ ($z=-5,881$, $p<.001^{***}$, $r=.31$), „Gepard“ und „Mauereidechse“ ($z=-6,021$, $p<.001^{***}$, $r=.32$), „Hausmaus“ und „Guppys“ ($z=-5,488$, $p<.001^{***}$, $r=.29$), und „Hausmaus“ und „Mauereidechse“ ($z=5,624$, $p<.001^{***}$, $r=.30$). Der paarweise Vergleich der Aufgaben „Eule“ und „Mauereidechse“ ($z=3,191$, $P=.014^*$, $r=.17$), „Eule“ und „Guppys“ ($z=-3,0732$, $p=.021^*$, $r=.16$) und „Eule“ und „Gepard“ ($z=-2,820$, $p=.048^*$, $r=.15$) zeigt ebenfalls signifikante Unterschiede mit kleinen Effekten in der Effektstärke nach Cohen (1988). Bei der Aufgabe „Hausmaus“ werden also signifikant geringe Werte im Score der Gezielten Gegenstandsanpassung gefunden als bei den anderen Aufgaben (vgl. Abbildung 9.9.).

Bei **Aufgabensets C** (Hinweis auf Variation) finden sich ebenfalls signifikante Unterschiede zwischen den Aufgaben ($H(4)=62,696$, $p<.001^{***}$) (vgl. Abbildung 9.10.). Die anschließenden Gruppenvergleiche mit Bonferroni Korrektur zeigen hoch signifikante Unterschiede zwischen den Aufgaben „Hausmaus“ und „Mauereidechse“ ($z=5,593$, $p<.001^{***}$, $r=.32$), „Hausmaus“ und „Eule“ ($z=5,628$, $p<.001^{***}$, $r=.32$), „Hausmaus“ und „Guppys“ ($z=-5,890$, $p<.001^{***}$, $r=.33$), und Hausmaus und „Gepard“ ($z=7,257$, $p<.001^{***}$, $r=.41$). Dabei weisen diese Gruppenvergleiche mittlere Effekte in der Effektstärke nach Cohen (1988) auf, mit der Ausnahme des Gruppenvergleichs Hausmaus und Gepard, bei dem ein großer Effekt ausgemacht werden kann. Zusammenfassend kann also gesagt werden, dass die Aufgabe „Hausmaus“ innerhalb des Aufgabensets signifikant geringere Werte im Score *Gezielte Gegenstandsanpassung* hervorruft, als die anderen Aufgaben des Aufgabensets.

Ähnliche Effekte lassen sich im **Aufgabensets D** (andere Taxa) finden. Auch hier zeigen sich hoch signifikante Unterschiede zwischen den Aufgaben ($H(4)=40,712$, $p<.001^{***}$). Die Aufgaben „Bakterien“ und „Libellen“ ($z=3,207$, $p<.001^{***}$, $r=.18$), „Bakterien“ und „Paradiesvögel“ ($z=-4,608$, $p<.001^{***}$, $r=.25$), „Bakterien“ und „Birkenspanner“ ($z=5,114$, $p<.001^{***}$, $r=.28$) und „Bakterien“ und „Säulenkaktus“ ($z=5,640$, $p<.001^{***}$, $r=.31$) unterscheiden sich hoch signifikant mit kleinen bis mittleren Effekten voneinander. Es zeigt sich dabei, dass bei der Aufgabe „Bakterien“ deutlich

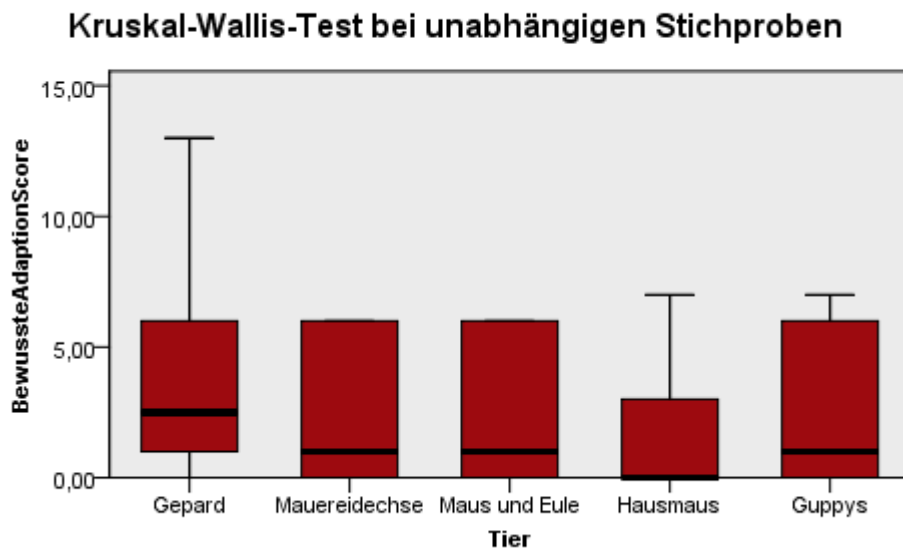


Abbildung 9.8: Boxplot über die Verteilung des Scores der *Gezielte Gegenstandsanpassung* auf die unterschiedlichen Aufgaben in Aufgabenset A (Vergleichsgruppe)

seltener Vorstellungen gefunden werden können, die dem Score *Gezielte Gegenstandsanpassung* zuzuschreiben sind, als in den anderen Aufgaben des Aufgabensets. Diese Aufgabe entspricht inhaltlich den „Hausmaus“-Aufgaben der anderen Sets. Die beschriebenen Effekte können im **Aufgabenset E** (Wegfall des Selektionsdrucks) nicht gefunden werden. In diesem Set werden die Aufgaben weitgehend konsistent beantwortet ($H(5)=10,418$, $p=.064$).

Unterschiede innerhalb der Aufgabensets bezüglich der Kategorie *Änderung durch Gebrauch respektive Nichtgebrauch* Bezüglich der Kategorie *Änderung durch Gebrauch respektive Nichtgebrauch* können innerhalb der einzelnen Aufgaben eines Aufgabensets ebenfalls Unterschiede gefunden werden. In **Aufgabenset A** zeigt ein Chi-Quadrat Test ($\chi^2(1, N=763)=40,377$, $p<.001^{***}$, $d_{\text{cohen}}=.47$) einen hoch signifikanten Zusammenhang mit kleinem bis mittleren Effekt zwischen den Aufgaben und dem Auftreten der Kategorie. In allen Aufgaben außer der Aufgabe „Mauereidechse“ wird nur in 0% bis 2,2% der Fälle eine *Änderung durch Gebrauch respektive Nichtgebrauch*

9 Auswertung und Ergebnisse

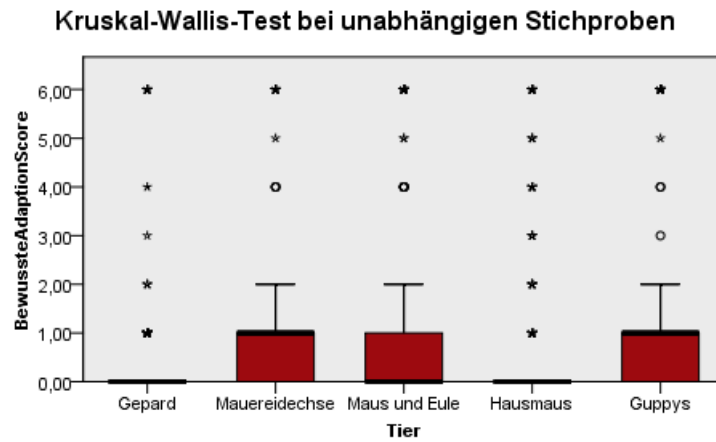


Abbildung 9.9: Boxplot über die Verteilung des Scores *Gezielte Gegenstandsanpassung* auf die unterschiedlichen Aufgaben in Aufgabenset B (Versuchsgruppe)

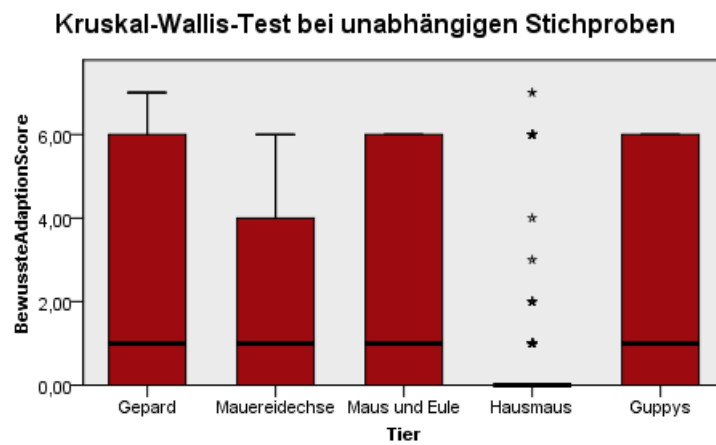


Abbildung 9.10: Boxplot über die Verteilung des Scores *Gezielte Gegenstandsanpassung* auf die unterschiedlichen Aufgaben in Aufgabenset C (Versuchsgruppe)

beschrieben. Bei der Aufgabe „Mauereidechse“ kann diese Kategorie in 8,6% der Fälle gefunden werden.

In **Aufgabenset C** ist die Situation sehr ähnlich. Auch hier wird diese Kategorie bei allen Aufgaben zwischen 0% und 1,4% der Fälle zugeordnet mit Ausnahme der Aufgabe „Mauereidechse“ wo dies in 5,4% der Fälle ist. Dieser Zusammenhang ist hoch signifikant ($\chi^2 (1, N = 738) = 23,456, p < .001^{***}, d_{\text{Cohen}} = .36$), jedoch mit kleinem Effekt in der Effektstärke nach Cohen (1988). In **Aufgabenset D** zeigt die Aufgabe „Säulenkaktus“, die abgesehen vom verwendeten Taxon identisch mit der Aufgabe „Mauereidechse“ ist, in dieser Kategorie das höchste Auftreten. In den anderen Aufgaben liegt die Kategorie *Änderung durch Gebrauch respektive Nichtgebrauch* zwischen 0 und 0,7%, in der Aufgabe „Säulenkaktus“ jedoch bei 2,6%. Ein Chi-Quadrat Test zeigt einen signifikanten Unterschied zwischen den Aufgaben ($\chi^2 (1, N = 761) = 11,990, p = .017^*, d_{\text{Cohen}} = .25$) mit einem kleinen Effekt. Auch in **Aufgabenset E** wird diese Kategorie am häufigsten bei der Aufgabe „Mauereidechse“ gewählt und auch hier zeigt ein Chi-Quadrat Test einen signifikanten Zusammenhang zwischen dem Auftreten der Kategorie und der Aufgabe ($\chi^2 (1, N = 806) = 10,605, p = .027^*, d_{\text{Cohen}} = .23$). In diesen Sets scheint die Aufgabe „Mauereidechse“ (respektive „Säulenkaktus“) also signifikant das Auftreten der Kategorie *Änderung durch Gebrauch respektive Nichtgebrauch* zu fördern. In **Aufgabenset B** kann bezüglich dieser Kategorie kein signifikanter Unterschied zwischen den Aufgaben gefunden werden ($\chi^2 (1, N = 885) = 13,14, d_{\text{Cohen}} = .25$).

Unterschiede innerhalb der Aufgabensets bezüglich der Kategorie „Externer Faktor: Änderungen temporär“ Diese Kategorie beinhaltet Vorstellungen, die einen äußeren Faktor für eine nicht evolutionäre und nur vorübergehende Änderung verantwortlich machen. Beispielsweise ist der Birkenspanner dunkel, weil er dreckig von den Abgasen ist. Auch bezüglich dieser Vorstellungen lassen sich innerhalb der Aufgaben Unterschiede feststellen. In **Aufgabenset A** (Vergleichsgruppe) tritt diese Vorstellung in den Aufgaben „Gepard“ und „Mauereidechse“ gar nicht auf und in den Aufgaben „Hausmaus“ und „Guppys“ nur sehr selten (1,3%). In der Aufgabe „Eule“ kann diese Vorstellung jedoch relativ häufig (22,2%) beobachtet werden. Ein Chi-Quadrat-Test zeigt einen hochsignifikanten Zusammenhang mit mittlerem Effekt ($\chi^2 (4, N = 763) = 120,78, p < .001^{***}, \text{Cramers } V = .4^7$).

Ähnlich verhält es sich bei **Aufgabenset B** (ohne Anfangszustand). Hier finden sich in der Aufgabe „Eule“ die meisten Antworten, die eine Anpassung aufgrund eines

⁷Zur Analyse der Effektstärke beim Chi-Quadrat-Test mit mehr als 1 Freiheitsgrad wird Cramers V berechnet. Ein Wert von 0.1 gilt als klein, 0.3 mittel und ein Wert 0.5 als groß (Field, 2013).

9 Auswertung und Ergebnisse

externen, temporären Faktors annehmen (34,7%). In der Aufgabe „Mauereidechse“ kann diese Kategorie nicht nachgewiesen werden und in allen anderen Aufgaben tritt sie sehr selten auf (zwischen 1,1-6%). Hier zeigt ein Chi-QuadratTest einen hochsignifikanten Zusammenhang mit großer Effektstärke (χ^2 (4, N =860)=191,84, $p<.001^{***}$, Cramers V=.47). In **Aufgabenset C** (mit Variation) finden sich ähnliche Effekte (χ^2 (4, N =738)=143,97, $p<.001^{***}$, Cramers V=.44). In **Aufgabenset D** (andere Taxa) lassen sich ebenfalls diese Unterschiede finden. Hier zeigen sich die meisten Antworten, die sich dieser Kategorie zuordnen lassen bei der Aufgabe „Libellen“, die inhaltlich identisch ist mit der Aufgabe „Eule“ (30,5%). In den anderen Aufgaben tritt diese Kategorie ebenfalls gar nicht oder nur sehr selten auf. In diesem Fall zeigt ein Chi-Quadrat-Test einen hoch signifikanten Zusammenhang mit hoher Effektstärke (χ^2 (4, N =761)=145,68, $p<.001^{***}$, Cramers V=.44).

Bei **Aufgabenset E** (ohne Selektionsdruck) zeigt sich eine Verschiebung dieser Beobachtung. Hier findet sich die Vorstellung einer temporären Änderung durch einen externen Faktor am häufigsten bei der Aufgabe „Guppys“ (7,9%) und darauf folgend bei der Aufgabe „Eule“ (6,3%). In den anderen Aufgaben tritt sie gar nicht oder nur sehr selten auf. Erneut zeigt sich ein hoch signifikanter Zusammenhang (χ^2 (4, N =808)=32,92, $p<.001^{***}$, Cramers V=.20).

In der folgenden Tabelle (9.7.) werden die Ergebnisse noch einmal zusammenfassend aufgeführt:

Tabelle 9.7: Weitere Ergebnisse

Kategorie oder Score	Aufgabenset	Ergebnisse
Evolutionsscore	Aufgabenset A (Vergleichsgruppe)	Alle Aufgaben werden relativ konsistent beantwortet, abweichend nur die „Guppy“-Aufgabe. ($p<.001^{***}$ - $p=.018^*$, $r=.17$ - $.24$)
Evolutionsscore	Aufgabenset C (Hinweis auf Variation)	Alle Aufgaben werden relativ konsistent beantwortet, abweichend nur die „Guppy“-Aufgabe ($p<.001^{***}$ - $p=.042^*$, $r=.16$ - $.26$.)

9.1 Vorstellungen zu Anpassung und Auslese

Evolutionsscore	Aufgabenset D (anderes Taxon)	Gruppenvergleich Aufgabe „Paradiesvögel“ und „Bakterien“ ($p=.002^{**}$, $r=.23$).
Evolutionsscore	Aufgabenset B (nur Endzustand)	Unterschiede zwischen den Gruppen „Gepard“ und „Eule“ ($p=.004^{*}$, $r=.19$) und „Mauereidechse“ und „Eule“ ($p=.011^{*}$, $r=.17$). Aufgabe „Eule“ erreicht höchsten Mittelwert (0,21, $SD=0,67$).
Score Gezielte Gegenstandsanzpassung	Aufgabenset A (Vergleichssgruppe)	Den höchsten Wert erreicht im Mittelwert (3,15, $SD=2,62$) die Aufgabe „Gepard“, geringster Mittelwert (1,63, $SD=2,28$) die Aufgabe „Hausmaus“ ($p<.001^{***}$, $r=.18$ -.33).
Score Gezielte Gegenstandsanzpassung	Aufgabenset B (Nennung Endzustand)	Unterschiede zwischen den Aufgaben, geringste Werte im Score erreichen die Aufgaben „Gepard“ und „Hausmaus“, Gruppenvergleiche: $p<.001^{***}$, $r=.15$ -.32.
Score Gezielte Gegenstandsanzpassung	Aufgabenset C (Hinweis auf Variation)	Unterschiede zwischen den Aufgaben, Aufgabe „Hausmaus“ erreichen signifikant geringere Werte ($p<.001^{***}$, $r=.32$ -.41).
Score Gezielte Gegenstandsanzpassung	Aufgabenset D	Die Aufgabe „Bakterien“ (entsprechend „Hausmaus“) unterscheidet sich signifikant von den anderen Aufgaben ($p<.001^{***}$, $r=.18$ -.31).
Score Gezielte Gegenstandsanzpassung	Aufgabenset E	Aufgaben werden weitgehend konsistent beantwortet.

9 Auswertung und Ergebnisse

Kategorie <i>Änderung durch Gebrauch</i>	Aufgabenset A (Vergleichsgruppe)	In allen Aufgaben werden nur in 0% bis 2,2% der Fälle Vorstellungen gefunden, die dieser Kategorie zugeordnet werden können. Ausnahme: Aufgabe „Mauereidechse“ (8,6% der Fälle, $p < .001^{***}$, $r = .23$).
Kategorie <i>Änderung durch Gebrauch</i>	Aufgabenset C (Hinweis auf Variation)	Kategorie tritt in 0% bis 1,4% der Fälle auf, außer Aufgabe „Mauereidechse“ (5,4%, $p > .017^*$, $r = .13$).
Kategorie <i>Änderung durch Gebrauch</i>	Aufgabenset E	Diese Kategorie tritt am häufigsten bei der Aufgabe Kategorie „Mauereidechse“ auf ($p < .027^*$, $r = .11$).
Kategorie <i>Änderung durch Gebrauch</i>	Aufgabenset B	Es gibt keinen signifikanten Unterschied zwischen den Aufgaben.
Kategorie <i>Externer Faktor</i>	Aufgabenset A (Vergleichsgruppe)	Nur geringes Auftreten der Kategorie in allen Aufgaben, außer bei Aufgabe „Eule“ (in 22,2% der Fälle, $p < .001^{***}$, $r = .40$).
Kategorie <i>Externer Faktor</i>	Aufgabenset B (nur Endzustand)	Kategorie tritt sehr selten auf, außer bei Aufgabe „Eule“ (in 34,7% der Fälle, $p < .001^{***}$, $r = .47$).
Kategorie <i>Externer Faktor</i>	Aufgabenset C (Hinweis auf Variation)	Kategorie tritt sehr selten auf, außer bei Aufgabe „Eule“ ($p < .001^{***}$, $r = .44$).
Kategorie <i>Externer Faktor</i>	Aufgabenset D (andere Taxa)	Kategorie tritt sehr selten auf, außer bei Aufgabe „Libellen“ (entspricht Aufgabe „Eule“) (30,5% der Fälle, $p < .001^{***}$, $r = .44$).
Kategorie <i>Externer Faktor</i>	Aufgabenset E (ohne Selektionsdruck)	Hier tritt die Kategorie am häufigsten bei der Aufgabe „Guppys“ auf (7,9%), gefolgt von der Aufgabe „Eule“ (6,3%) ($p < .001^{***}$, $r = .20$).

9.1.4 Zusammenfassung

Nur bei wenigen Aufgaben konnten fachlich angemessene Vorstellungen gefunden werden. Dennoch zeigt sich, dass Schüler ohne unterrichtsbasierte Vorkenntnisse Elemente fachlicher Vorstellungen nutzen. In 7% der Fälle konnte die Kategorie *Auslese* vergeben werden, in 8,9% die Kategorie *Variation*. Damit können Vorstellungen identifiziert werden, die sich dem ICM der *Auslese* zuordnen lassen. Gymnasiasten weisen bezüglich des *Evolutionsscores* höhere Werte als Realschüler und diese höhere Werte als die Werkrealschüler auf. Es zeigt sich auch ein hoch signifikanter Unterschied zwischen den Schülern der 9.Jahrgangsstufen und der 8.Jahrgangsstufen.

Häufiger können die Kategorien *Anpassungserkenntnis* (22,5%), *Anpassungsintention* (22,9%) und *Anpassungsnotwendigkeit* (46,7%) kodiert werden, die im Score der *gezielten Gegenstandsanpassung* berücksichtigt werden. Es lässt sich erkennen, dass mehr Schüler Vorstellungen äußern, die sich diesem ICM zuordnen lassen, als Vorstellungen, die auf *Variation und Selektion* beruhen. Dies zeigt sich auch beim Vergleich der Mittelwerte der beiden Scores (*Evolutionsscore* $M=0,3$, $SD=1$ / *Score Gezielte Gegenstandsanpassung* $M=1,8$, $SD=2,4$). Die Schüler der unterschiedlichen Schularten weisen signifikante Unterschiede mit jedoch nur sehr geringer Effektstärke auf. Proximate Vorstellungen können ebenfalls vergleichsweise häufig gefunden werden (11,3%). Die Vorstellung *Zeit als Mechanismus* konnte in 6% der ausgewerteten Antworten kodiert werden. Weitere Vorstellungen treten in weniger als 2% der Fälle auf (vgl. Kapitel 9.1.1.). In diesen Kategorien können auch keine Unterschiede in Abhängigkeit von der Schulart oder Jahrgangsstufe dokumentiert werden.

Unterschiede zwischen den Aufgabensets Es können hoch signifikante Unterschiede bei der Beantwortung der Aufgabensets beschrieben werden. In Aufgabenset B (Weglassen Anfangszustand) fällt es den Schüler schwerer, einen Bezug zu einer evolutionären Entwicklung herzustellen als in den anderen Aufgaben. In diesem Set werden daher häufiger proximate Erklärungen gegeben. Im Vergleich mit Set A treten häufiger Vorstellungen auf, die sich einer *Gezielten Gegenstandsanpassung* oder *Auslese* bedienen. In Set C (Hinweis auf Variation) tritt die Kategorie *Variation* signifikant häufiger auf als im Vergleichsset (A). Auch wird häufiger mit einer *Auslese* argumentiert und im Vergleich ein höherer Evolutionsscore erreicht. In Aufgabenset E (Weglassen Selektionsdruck) werden seltener Mechanismen für einen Anpassungs- oder Ausleseprozess beschrieben als im Vergleichsset (A).

Unterschiede zwischen den Aufgaben innerhalb eines Aufgabensets Innerhalb der Aufgabensets werden die einzelnen Aufgaben nicht, wie es zu erwarten gewesen wäre, durchgehend konsistent beantwortet, sondern es finden sich deutliche Unterschiede (vgl. Tabelle 9.7.). In Aufgabenset A werden bezüglich des Evolutionsscores alle Aufgaben konsistent beantwortet mit der Ausnahme der „Guppys“-Aufgabe. Bei dieser Aufgabe treten Vorstellungen einer *Variation* und *Auslese* häufiger auf, als in den anderen Aufgaben des Sets. Ebenso verhält es sich in Aufgabenset C. In Aufgabenset B kann ein Unterschied im Evolutionsscore zwischen den Aufgaben „Gepard“ und „Eule“ und „Mauereidechse“ und „Eule“ gefunden werden. In Aufgabenset D (anderes Taxon) zeigt sich ein signifikanter Unterschied im Evolutionsscore in der Beantwortung der Aufgaben „Paradiesvögel“ und „Bakterien“. Bezüglich des Scores der Gezielten Gegenstandsanpassung werden Unterschiede in Aufgabenset A (höchster Wert in Aufgabe „Gepard“/niedrigster Wert in Aufgabe „Hausmaus“) gefunden, ebenso in Aufgabenset B (geringster Wert in Aufgabe „Gepard“ und „Hausmaus“). In Aufgabenset C erreicht bezüglich dieses Scores ebenfalls die Aufgabe „Hausmaus“ den geringsten Wert. Ebenso verhält es sich in Aufgabenset D mit der Aufgabe „Bakterien“. Dagegen werden in Aufgabenset E alle Aufgaben bezüglich des Scores der Gezielten Gegenstandsanpassung konsistent beantwortet. Die Kategorie *Änderung durch Gebrauch* tritt in Aufgabenset A in der Aufgabe „Mauereidechse“ am häufigsten auf. Diese Beobachtung kann ebenfalls in Aufgabenset C und E gemacht werden. In Aufgabenset B können keine Unterschiede zwischen den Aufgaben bezüglich dieser Kategorie gefunden werden. Die Kategorie *Externer Faktor* kann in Aufgabenset A, B und C nur sehr selten zugeordnet werden. Sie tritt jedoch am häufigsten in der Aufgabe „Eule“ auf. In Aufgabenset D entspricht dieser Aufgabe inhaltlich die Aufgabe „Libellen“. In dieser Aufgabe zeigt sich ebenfalls die höchste Nennung der Kategorie *Externer Faktor* innerhalb des Aufgabensets. In Aufgabenset E tritt die Kategorie *Externer Faktor* am häufigsten bei der Aufgabe „Guppys“ auf.

9.2 Religiosität

In den folgenden Kapiteln werden zunächst Ergebnisse zur Religionszugehörigkeit vorgestellt. Es folgen darauf Gruppenvergleiche bezüglich der Konfession. Anschließend wird die Religiosität der Teilnehmer analysiert (vgl. Kapitel 6.2.2. und Kapitel 8.3.3.).

9.2.1 Religionszugehörigkeit

In der Stichprobe (N= 842) wird zu 76% die Angabe Christentum (639 Schüler) gewählt und zu zehn Prozent Islam (80 Schüler), sechs Schüler bezeichnen sich als Buddhisten und ein Schüler fühlt sich dem Hinduismus zugehörig. Andere Religionsgemeinschaften werden von zehn Schülern gewählt. 13% der Schüler gehören keiner Religionsgemeinschaft an. Sieben Schüler machen diesbezüglich keine Angabe (vgl. Abbildung 9.11.). 38% der christlichen Schüler geben an katholisch zu sein, 32% evangelisch, 13 Schüler orthodox, 37 Schüler wählen evangelisch-freikirchlich, ein Schüler pfingstkirchlich/charismatisch und neun Schüler andere Konfessionen. Des Weiteren wurde die Glaubensrichtung innerhalb des Islams abgefragt. Zehn Schüler gehören den Schiiten an, 35 den Sunniten, fünf den Aleviten, 26 geben eine andere Glaubensrichtung an und vier Schüler, die zuvor den Islam gewählt hatten, machen an dieser Stelle keine Angaben.

9.2.1.1 Verteilung der Religionszugehörigkeit in Abhängigkeit von der Schulart

Betrachtet man die Schularten, zeigt sich eine unterschiedliche Verteilung der Religionszugehörigkeit (vgl. Abbildung 9.12., 9.13. und 9.14.). In der Realschule gehören 82% der Schüler dem Christentum an, 6% bekennen sich zum Islam und 11% der Schüler gehören keiner Religionsgemeinschaft an. Die restlichen Schüler wählten andere Religionsgemeinschaften. Im Gymnasium ist die relative Anzahl der Christen sehr ähnlich (77%), der Anteil an Muslimen gleich (6%) aber dafür der Anteil religionsloser Schüler etwas höher (16%). Die restlichen Probanden verteilen sich auf den Hinduismus und andere, nicht näher benannte Religionsgemeinschaften. Der größte Unterschied kann festgestellt werden, wenn die Gruppen Gymnasium und Realschule mit der Gruppe Werkrealschule verglichen werden. In letzterer bekennt sich zwar auch die Mehrheit zum Christentum (58%), wobei jedoch der prozentuale Anteil deutlich geringer ausfällt als bei den Gruppen Gymnasium und Realschule. Unter

9 Auswertung und Ergebnisse

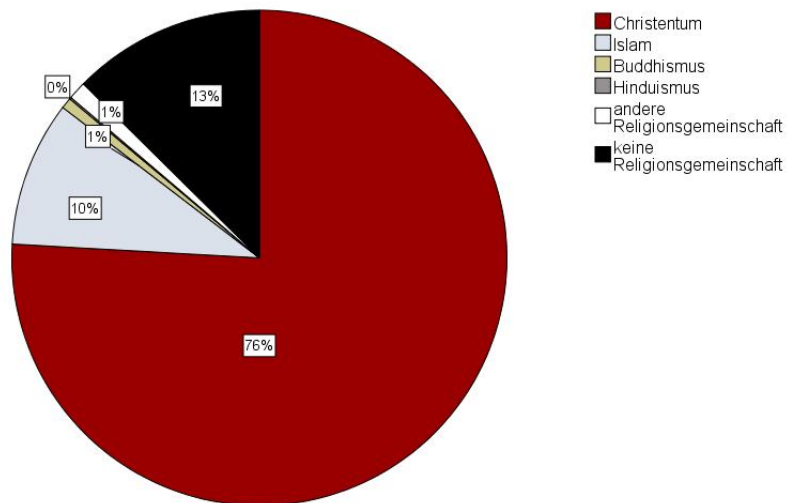


Abbildung 9.11: Verteilung der Religionszugehörigkeit über die Stichprobe

den Werkrealschülern können jedoch die meisten Muslime (32%) und die wenigsten konfessionslosen Schüler gefunden werden (6%). Die restlichen Schüler verteilen sich auf den Buddhismus und andere Religionsgemeinschaften.

9.2.2 Zentralität der Religiosität

Mithilfe der Items wurde ein Wert für die Zentralität der Religiosität berechnet. Dieser sogenannte z-Wert soll eine Aussage darüber machen, wie gläubig jemand ist und wie wahrscheinlich sich diese Einstellung auch auf sein alltägliches Leben auswirkt. Huber (2004) schlägt für die Einteilung in hoch religiöse, religiöse und nicht religiöse Respondenten eine Unterscheidung in drei Zentralitätsstufen vor. Die Schwellenwerte, die er dafür nennt, liegen bei 2,0 und 4,0 (Huber, 2004, 104). Diese Einteilung wurde auch für diese Studie gewählt (vgl. Tabelle 9.8.). Die empirische Gültigkeit wurde unter anderem durch Huber (2004) vorgelegt. Es zeigt sich, dass in der Stichprobe 26% als *nicht religiös* eingeschätzt werden können, 72% als *religiös* und nur ein sehr kleiner Anteil von 2% (15 Schüler) entsprechen der Kategorie *hoch religiös*. Wenn man die Gruppe der *Religiösen* genauer betrachtet, dann fällt auf, dass sich 68% im Wertebereich 2-3 aufhalten und 32% im Bereich 3-4.

9.2 Religiosität

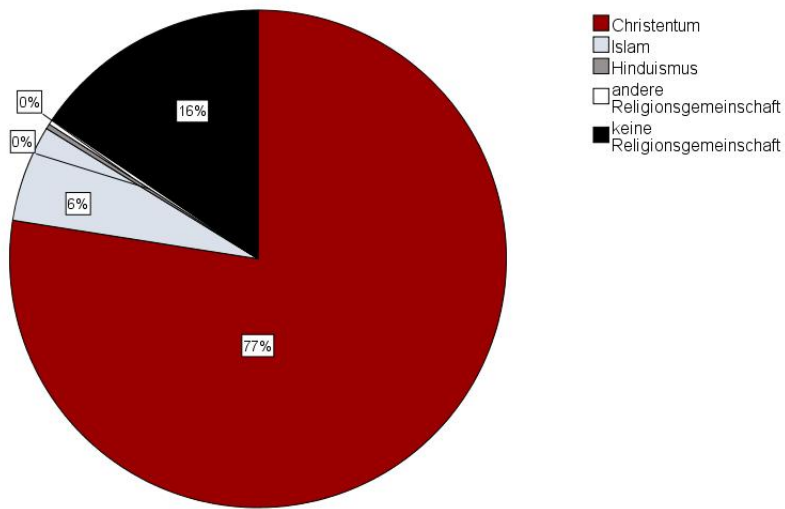


Abbildung 9.12: Verteilung der Religionszugehörigkeit über die Stichprobe des Gymnasiums

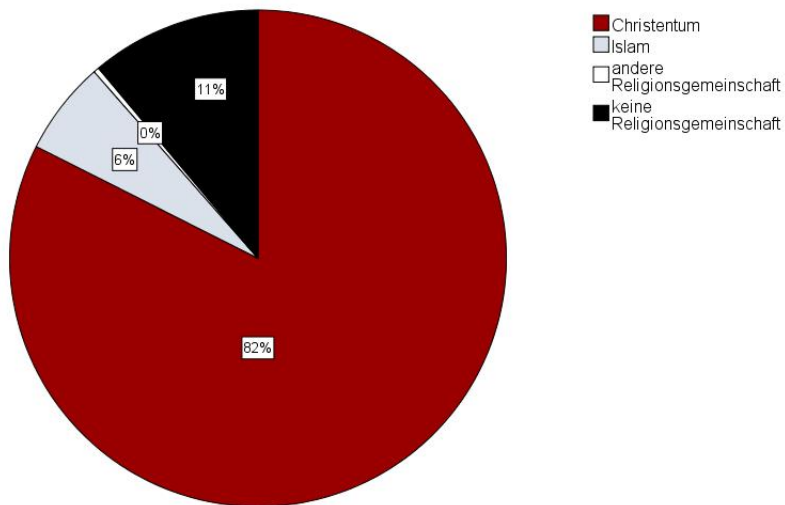


Abbildung 9.13: Verteilung der Religionszugehörigkeit über die Stichprobe der Real-schule

9 Auswertung und Ergebnisse

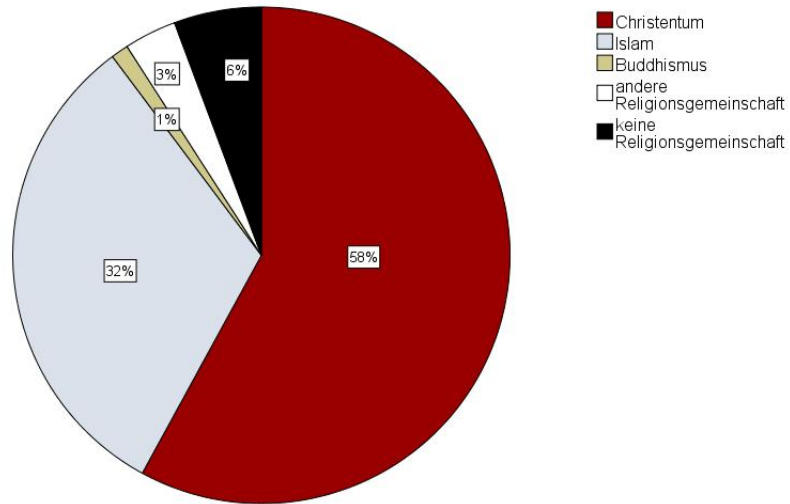


Abbildung 9.14: Verteilung der Religionszugehörigkeit über die Stichprobe der Werkrealschule

Tabelle 9.8: Einteilung nach Religiosität

Z-Wert	Kategorie	Anteil in der Stichprobe (N=849) in %
0-2	nicht religiös	26%
2-4	religiös	72%
4-5	hoch religiös	2%

Tabelle 9.9: Zusammenhang Religiosität und Religionszugehörigkeit

Religionsgemeinschaft	nicht religiös	religiös	hoch religiös
Christentum	21% (134)	78%	1% (6)
Islam	4% (3)	85% (68)	11% (9)
Buddhismus	33% (2)	66% (4)	0%
Hinduismus	0%	100% (1)	0%
Andere Religionsgemeinschaft	50% (5)	50% (5)	0%
Keine Religionsgemeinschaft	70% (74)	30% (32)	0%

9.2.3 Zusammenhang Religiosität und Konfession

Bringt man die Religiosität mit der Religionszugehörigkeit in Verbindung, zeigen sich religionsabhängige Unterschiede. Bei den Schülern, die sich dem Christentum zugehörig sehen, kann eine große Mehrheit von 78% der Kategorie *religiös* zugeordnet werden. 21% werden als *nicht religiös* eingestuft und nur ein Prozent (entspricht sechs Schülern) als *hoch religiös*. Bei den islamischen Schülern findet sich eine andere Aufteilung. Auch hier liegt die Mehrheit in der Kategorie *religiös* (85%), jedoch nur ein sehr kleiner Anteil von 4% können als *nicht religiös* eingestuft werden, dafür jedoch 11% als *hoch religiös* (9 Schüler). Bei den Schülern, die keine Religionsgemeinschaft gewählt haben, werden auch die meisten *nicht religiösen* Schüler (70%, entsprechend 74 Personen) gefunden. Die übrigen 30% können als *religiös* eingestuft werden und keiner dieser Schüler als *hoch religiös* (vgl. Tabelle 9.9.). Dabei muss jedoch berücksichtigt werden, dass sich die Stichprobengrößen zwischen den Konfessionen stark unterscheiden und daher hier mögliche Effekte zu Grunde liegen könnten. Dennoch zeigt die Verteilung ein für die Untersuchungsregion typisches Verteilungsmuster der Religionszugehörigkeiten (Brenner, 2011).

Ob diese Unterschiede signifikant sind, wird anschließend analysiert. Die Skala *Zentralität der Religiosität* (*z-Wert*) ist nach Sichtprüfung des Histogramms normalverteilt (vgl. Abbildung 9.15.). Jedoch liegt keine Varianzhomogenität vor ($F(4; 836)=7,2$, $p<.001^{**}$) und die Gruppen sind auch unterschiedlich groß. Aus diesem Grund wurde der Kruskal-Wallis-Test durchgeführt, der zeigt, dass sich die Gruppen signifikant voneinander unterscheiden ($H(4)=225,7$, $p<.001^{***}$). Um die Unterschiede zwischen den Gruppe näher zu betrachten, wurden post-hoc-Tests (Dunn-Bonferroni) durchgeführt. Es zeigt sich, dass sich die Gruppe „keine Religionsgemeinschaft“ von den Gruppen „Christentum“ und „Islam“ hoch signifikant unterscheidet ($p<.001^{***}$).

9 Auswertung und Ergebnisse

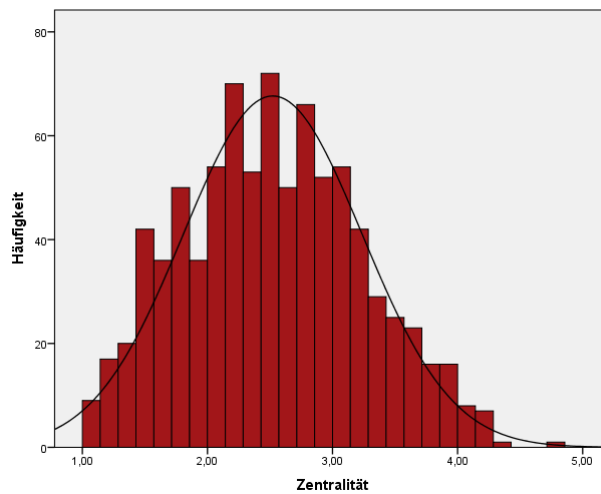


Abbildung 9.15: Histogramm des Zentralitätswertes mit Normalverteilungskurve (in Klammern die absolute Häufigkeit der Nennung)

Auch die Gruppe „Andere Religionsgemeinschaft“ unterscheidet sich hoch signifikant von der Gruppe „Islam“ ($p < .001^{***}$). Die Gruppen „Islam“ und „Christentum“ zeigen ebenfalls hoch signifikante Unterschiede ($p < .001^{***}$). Für die Gruppen „Buddhismus“ und „Islam“ lässt sich ein signifikanter Unterschied feststellen ($p = .014^*$). Die Gruppenvergleiche zwischen allen anderen Gruppen bringen keine signifikanten Unterschiede hervor.

Innerhalb des Christentums lassen sich konfessionsabhängige Unterschiede feststellen (vgl. Tabelle 9.10.). Angehörige der katholischen und evangelischen Konfession weisen sehr ähnliche Werte auf. Die meisten Schüler, die diesen Konfessionen angehören, können als *religiös* eingeschätzt werden. Bei den orthodoxen und evangelisch-freikirchlichen Schülern zeigt sich ein noch höherer Anteil *religiöser* Schüler und es gibt kaum *nicht religiöse* Schüler. Auch hier wurde überprüft, ob sich die Gruppen signifikant voneinander unterscheiden. Dies ist jedoch nur für den Gruppenvergleich evangelisch und evangelisch-freikirchlich der Fall ($H(5) = 21,7$, $p = .04^*$). Bei den anderen Gruppen sind die Stichprobengrößen zum Teil zu gering um damit sinnvoll arbeiten zu können (vgl. beispielsweise die Gruppe „pfingstkirchlich“).

In der vorliegenden Stichprobe existieren also Unterschiede zwischen der Religiosität in Abhängigkeit von der Konfession. Muslimische Schüler können signifikant

Tabelle 9.10: Zusammenhang Religiosität und christliche Konfession. In Klammern die Häufigkeit der Nennung.

Christliche Konfession	nicht religiös	religiös	hoch religiös
Katholisch	21% (66)	79% (250)	0,6% (2)
Evangelisch	25% (68)	74% (200)	0,4% (1)
Orthodox	8% (1)	92% (12)	0%
Evangelisch-freikirchlich	8% (1)	89% (33)	3% (1)
pfingstkirchlich	0%	0%	100% (1)
andere Konfession	11% (1)	78% (7)	11% (1)

häufiger als *hoch religiös* eingeschätzt werden, konfessionslose Schüler signifikant häufiger als *nicht religiös*. Damit lassen sich die Hypothesen R1H1 und R1H2 bestätigen.

R1H1: Muslimische Schüler erreichen höhere Werte in der Skala Religiosität als Angehörige anderer Konfessionen. ✓

R2H2: Schüler, die keiner Religionsgemeinschaft angehören, erreichen niedrige Werte in der Skala Religiosität als Angehörige der verschiedenen Konfessionen. ✓

9.2.4 Zusammenfassung

75% der untersuchten Schüler empfinden sich dem Christentum angehörig, 9% dem Islam. Mit nur geringen Zahlen werden weitere Religionsgemeinschaften genannt. 13% der Studienteilnehmer sind konfessionslos. Die meisten Muslime (32%) können in der Sichtprobe der Werkrealschüler gefunden werden. In allen Schularten ist die am meisten vertretene Religion das Christentum. Die meisten konfessionslosen Schüler (16%) finden sich unter den Gymnasiasten, die wenigsten (6%) unter den Werkrealschülern. 26% der Studienteilnehmer können als *nicht religiös* eingestuft werden, 72% als *religiös* und 2% als *hoch religiös*. Die Studienteilnehmer, die sich dem Christentum angehörig fühlen, können zu 78% der Kategorie *religiös* zugeordnet werden. 21% können in dieser Gruppe als *nicht religiös* eingestuft werden. Bei den islamischen Schülern werden 85% als *religiös*, 11% als *hoch religiös* und mit 4% als *nicht religiös* eingestuft. Bei den Schülern ohne Zugehörigkeit zu einer Religionsgemeinschaft stel-

len die *nicht religiösen* den größten Anteil (70%), keiner dieser Schüler kann als *hoch religiös* eingeschätzt werden.

9.3 Wissenschaftsverständnis

Zunächst werden Ergebnisse für das Wissenschaftsverständnis im Bezug auf die Gesamtstichprobe vorgestellt. Anschließend werden Unterschiede zwischen den Schularten und den Jahrgangsstufen untersucht.

9.3.1 Ergebnisse zum Wissenschaftsverständnis

Die Stichprobe umfasst 842 gültige Fälle. Dies entspricht der Anzahl der für die Auswertung herangezogenen Fragebögen. Der ermittelte Mittelwert bezüglich des Wissenschaftsverständnisses beträgt 55,6 ($SD=8,8$). Das Minimum liegt bei 27, das Maximum bei 80. Für die Verteilung des Wissenschaftsverständnisses kann nach Sichtprüfung des Histogramms eine Normalverteilung angenommen werden (vgl. Abbildung 9.16.). Für die weitere Auswertung werden verschiedene Kategorien gebildet (siehe Kapitel 8.3.2.). Zunächst erfolgt eine detaillierte Betrachtung mit sieben Kategorien ($N=837$). Dabei bedeutet die Zuteilung in eine niedrigere Kategorie ein niedriges Wissenschaftsverständnis (1= stark mangelhaftes Wissenschaftsverständnis, 7= gehobenes Wissenschaftsverständnis). Kein Schüler der Stichprobe erreicht einen Wert unter 27 und so können 0% der Schüler in Kategorie 1 eingeteilt werden. In Kategorie 2 findet sich nur ein Schüler (0,1%), Kategorie 3 umfasst 5% (43) der Probanden, Kategorie 4 23% (193). Die meisten Schüler befinden sich in Kategorie 5 mit 40% (339) und können demzufolge einem eher gehobenen mittleren Wissenschaftsverständnis zugeordnet werden. 27% (223) der Schüler erreichen Kategorie 6 und 5% (38) der Schüler Kategorie 7 (vgl. Abbildung 9.17.).

Betrachtung ausgewählter Items Nachfolgend werden einzelne, für diese Studie besonders interessante Items mit ihren Ergebnissen vorgestellt. Dem Item *N22 Bewährte naturwissenschaftliche Theorien dürfen nicht in Frage gestellt werden* stimmen nur 2% der Schüler völlig zu, *stimmt ziemlich* wählen 12% der Schüler. *Stimmt teils teils* beziehungsweise *stimmt kaum* wählen jeweils 27% der Schüler und *stimmt gar nicht* der größte Anteil von 31%. Die meisten Schüler gehen also davon aus, dass naturwissenschaftliche Theorien in Frage gestellt werden dürfen (vgl. Abbildung 9.18.). Ähnlich

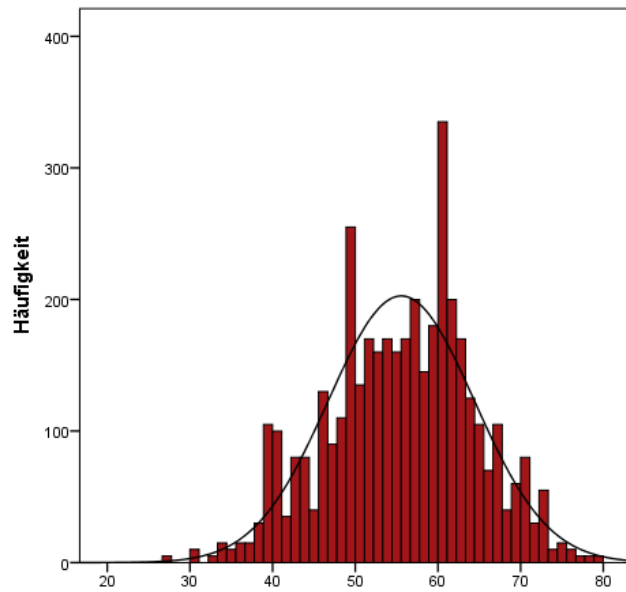


Abbildung 9.16: Histogramm mit Normalverteilungskurve Wissenschaftsverständnis

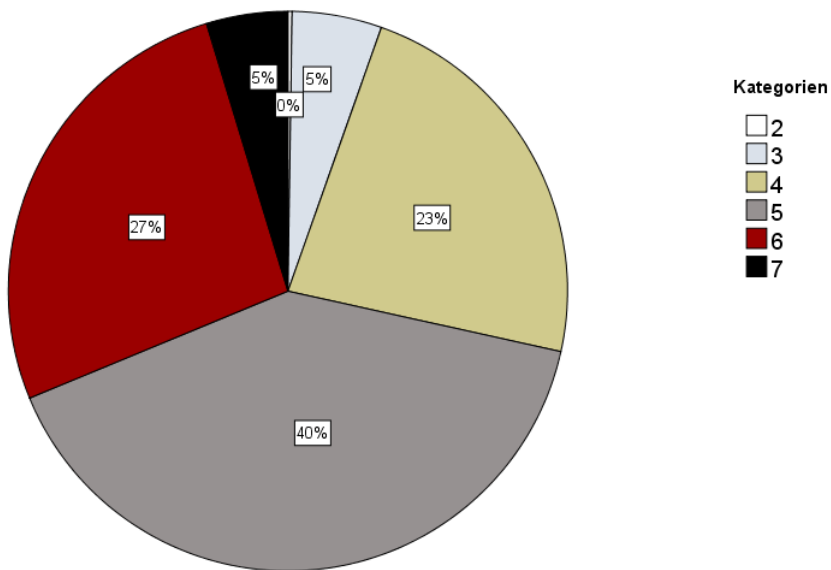


Abbildung 9.17: Verteilung der unterschiedlichen Kategorien des Wissenschaftsverständnisses (Prozente gerundet)

9 Auswertung und Ergebnisse

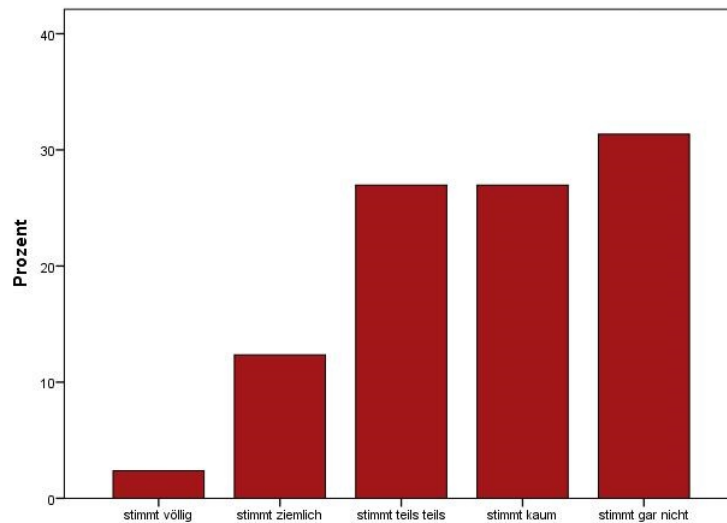


Abbildung 9.18: Zustimmung zu Item N22: Bewährte naturwissenschaftliche Theorien dürfen nicht in Frage gestellt werden.

hoch sollte also die Zustimmung zu Item N25 *Das Wissen in den Naturwissenschaften ist für alle Zeit wahr* ausfallen. Auch hier zeigt sich nur ein geringer Anteil von *stimmt völlig* (6%). Die meisten Schüler wählen die Antwortmöglichkeit *stimmt teils teils* (29%) oder zeigen eine Ablehnung (*stimmt kaum* 26%, *stimmt gar nicht* 22%) (vgl. Abbildung 9.19.). Ein nahezu identisches Bild zeigt sich bei Item N31 *Naturwissenschaftliche Theorien werden verändert oder ersetzt, wenn neue Beweise vorliegen* (vgl. Abbildung 9.20.). Ebenso bei Item N38 *Naturwissenschaftliche Theorien verändern und entwickeln sich mit der Zeit* (vgl. Abbildung 9.21.).

9.3.1.1 Wissenschaftsverständnis: Vergleich der Jahrgangsstufen und Schularten

Vergleich der 8. und 9. Jahrgangsstufen Die Mittelwerte des Wissenschaftsverständnisses der 8. Jahrgangsstufe ($M=54,5$, $SD=8,3$) und 9. Jahrgangsstufe ($M=55,9$, $SD=9,0$) unterscheiden sich nur gering. Dieser Unterschied ist jedoch signifikant ($p=.014^*$). Demnach haben Schüler der 9. Jahrgangsstufen ein signifikant höheres Wissenschaftsverständnis als Schüler der 8. Jahrgangsstufen. Die Testung der Effektstärke zeigt jedoch nur einen kleinen Effekt ($d_{\text{cohen}}=.21$). Die Hypothese W1H1 kann also

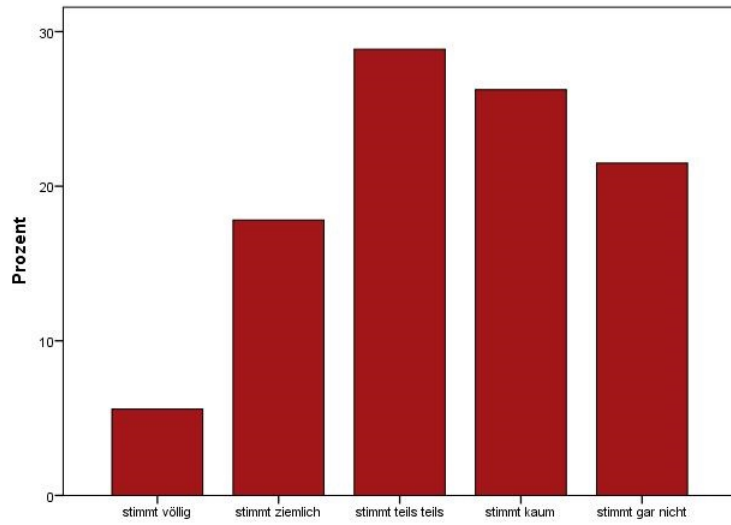


Abbildung 9.19: Zustimmung zu Item N25: Das Wissen in den Naturwissenschaften ist für alle Zeit wahr.

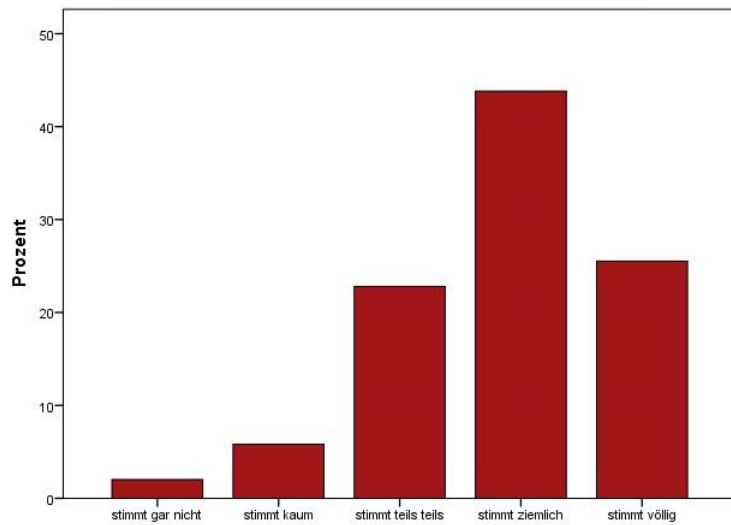


Abbildung 9.20: Zustimmung zu Item N31 Naturwissenschaftliche Theorien werden verändert oder ersetzt, wenn neue Beweise vorliegen

9 Auswertung und Ergebnisse

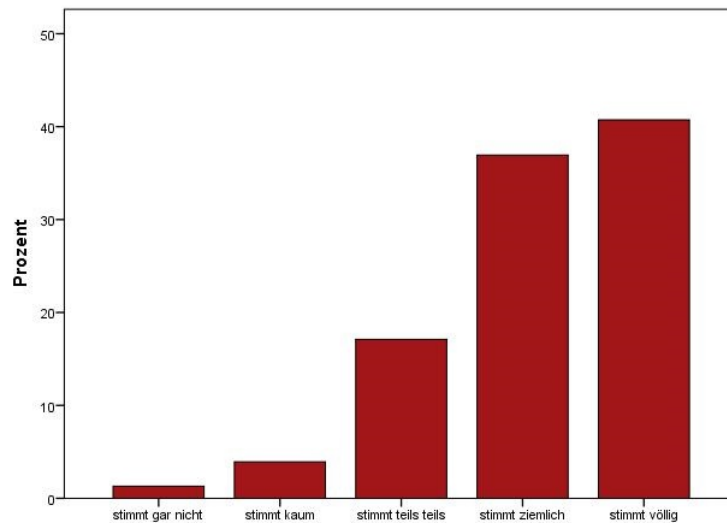


Abbildung 9.21: Zustimmung zu Item N38 Naturwissenschaftliche Theorien verändern und entwickeln sich mit der Zeit

bestätigt werden:

W1H1: Schüler der Jahrgangsstufe 8 erreichen ein geringes Wissenschaftsverständnis als die Schüler der Jahrgangsstufe 9, da diese mehr naturwissenschaftlichen Unterricht erlebt haben. ✓

Vergleich der Schularten Betrachtet man die Unterschiede zwischen den untersuchten Schularten, lassen sich größere Unterschiede feststellen. Die Schüler der Werkrealschule erreichen einen Mittelwert von 47,7 (SD=8,5, N=89), die Schüler der Realschule einen Mittelwert von 54,2 (SD=8, N=263) und die Schüler des Gymnasiums den höchsten Mittelwert von 58,8 (SD=8,8, N=288). Eine ANOVA mit Bonferroni-Korrektur zeigt, dass sich die Schüler der Werkrealschule und Realschule hoch signifikant mit großem Effekt nach Cohen (1988) voneinander unterscheiden ($p < .001^{***}$, $d_{\text{cohen}} = 0.8$). Ebenso lassen sich hoch signifikante Unterschiede mit großem Effekt zwischen den Werkrealschülern und den Schülern des Gymnasiums ($p < .001^{***}$, $d_{\text{cohen}} = 1.3$) und mit mittlerem Effekt zwischen den Realschülern und den Gymnasiasten ($p < .001^{***}$,

$d_{\text{cohen}}=0.5$) finden. Die Hypothesen W2H1 und W2H2 können also ebenfalls bestätigt werden:

W2H1: Schüler der Werkrealschule erreichen ein signifikant geringeres Wissenschaftsverständnis als die Schüler der anderen Schularten. ✓

W2H2: Die Schüler des Gymnasiums erreichen das signifikant höchste Wissenschaftsverständnis. ✓

Die Zustimmung zu Item N22: *Bewährte naturwissenschaftliche Theorien dürfen nicht in Frage gestellt werden* ist nicht abhängig von der Jahrgangsstufe der Schüler, jedoch von der Schulart (χ^2 (12, N=664)=32.83, $p=.001^{**}$). Beispielsweise wählen 40% der Gymnasiasten *stimmt gar nicht*, jedoch nur 23% der Werkrealschüler und 27% der Realschüler. *Stimmt teils teils* wird jedoch häufiger von den Werkrealschülern und den Realschülern gewählt (35% beziehungsweise 34%) als von den Gymnasiasten (19%). Auch für das Item N25: *Das Wissen in den Naturwissenschaften ist für alle Zeit wahr* kann ein Unterschied abhängig von der Schulart festgestellt werden (χ^2 (12, N=664)=30.09, $p=.003^{**}$). Schüler der Werkrealschule wählen deutlich häufiger *stimmt völlig* (12%) als Schüler der Realschule oder des Gymnasiums (jeweils 5%). *Stimmt gar nicht* wird jedoch am häufigsten von Gymnasiasten (27%), gefolgt von Realschülern (18%) und am seltensten von Werkrealschülern (11%) gewählt. Auch bei Item N31: *Naturwissenschaftliche Theorien werden verändert oder ersetzt, wenn neue Beweise vorliegen* zeigt sich ein Zusammenhang zwischen Zustimmung und Schulart (χ^2 (12, N=664)=52.75, $p<.001^{***}$). Ebenso bei Item N38: *Naturwissenschaftliche Theorien verändern und entwickeln sich mit der Zeit* (χ^2 (12, N=664)= 44.11, $p<.001^{***}$).

9.3.2 Zusammenfassung

Die meisten Schüler verfügen über ein mittleres Wissenschaftsverständnis (63,2%). Nur einzelne Probanden haben ein Wissenschaftsverständnis, das darunter angesiedelt werden kann. 31% haben ein gutes bis gehobenes Wissenschaftsverständnis. Die Schüler der 8. und 9. Jahrgangsstufe unterscheiden sich hoch signifikant voneinander bezüglich ihres Wissenschaftsverständnisses. Dennoch lassen sich hier nur sehr kleine Effekte in der Effektstärke nachweisen. Deutlicher fällt ein Vergleich der Schularten aus. Die Schüler der unterschiedlichen Schularten unterscheiden sich hoch signifikant mit großen Effekten nach Cohen (1988) voneinander, sowohl im erreichten Wissen-

9 Auswertung und Ergebnisse

schaftsverständnis als auch bei der Zustimmung zu ausgewählten Items. Die Schüler des Gymnasiums erreichen das höchste Wissenschaftsverständnis, darauf folgen die Realschüler und die Schüler der Werkrealschule.

9.4 Lesekompetenz

Folgend werden die Ergebnisse der Testverfahren zum Leseverständnis und der Lesegeschwindigkeit vorgestellt. Beide bilden gemeinsam die Lesekompetenz der Probanden ab. Dabei sollen auch Gruppenunterschiede aufgezeigt werden.

9.4.1 Leseverständnis

In der Stichprobe ($N=796$) ist das Leseverständnis ($\text{Min}=-13$, $\text{Max}=35$, $M=10,9$, $SD=5,8$) nach Sichtprüfung normalverteilt (vgl. Abbildung 9.22.).

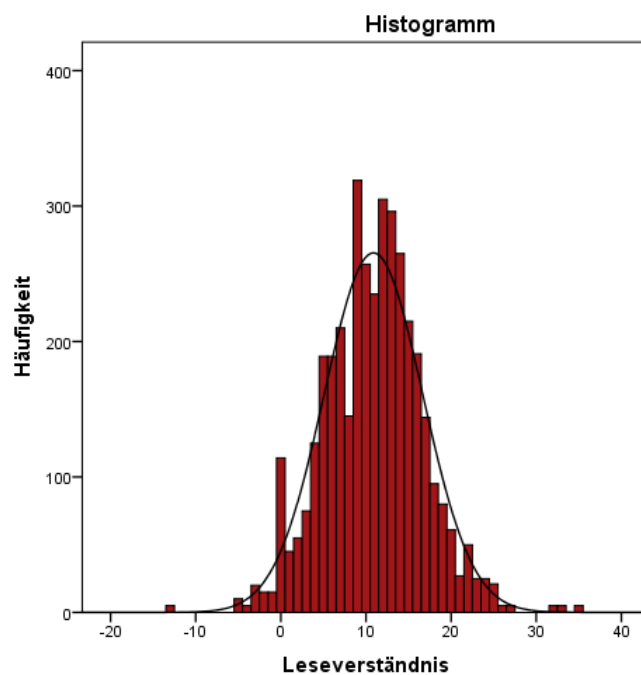


Abbildung 9.22: Histogramm mit Normalverteilungskurve Leseverständnis

Zunächst werden auch für diesen Test Gruppenunterschiede untersucht. Dies soll

klären, ob sich die Schularten und Altersstufen voneinander unterscheiden und ob es daher sinnvoll ist, bei der weiteren Analyse die unterschiedlichen Gruppen isoliert zu betrachten. Die Schüler der 8.Jahrgangsstufen ($N=210$) erreichen im Leseverständnis einen Mittelwert von 9,7 ($SD=4,9$), die Schüler der 9.Jahrgangsstufen ($N=519$) einen leicht höheren Wert von 11 ($SD=6$). Da in diesen Gruppen weder eine Varianzhomogenität vorliegt ($F(727; 476)=8,5$, $p=.04$), noch die Gruppen ähnlich groß sind, wurde ein Mann-Whitney-U-Test durchgeführt. Dieser zeigt, dass sich die beiden Gruppen signifikant voneinander unterscheiden ($U(210; 519)=46377,0$, $p=.02$, $d_{\text{Cohen}}=0.2$), die Berechnung der Effektstärke nach Cohen (1988) zeigt jedoch nur einen kleinen Effekt. Die Hypothese L2H1 kann also bestätigt werden:

L2(H1): Die Schüler der 9.Jahrgangsstufe erreichen signifikant höhere Werte als die Schüler der 8.Jahrgangsstufe. ✓

Die Gruppen (Werkrealschule, Realschule, Gymnasium) unterscheiden sich in ihren Mittelwerten. Dabei erreicht die Werkrealschule ($N=89$) den geringsten Mittelwert ($M=4,4$, $SD=4,6$), das tiefste Minimum (-13) und ein Maximum von 15. Bei den Realschülern ($N=381$) ist der Mittelwert 10,3 ($SD=5,1$) und es liegt die größte Varianz ($\text{Min}=-4$, $\text{Max}=35$) vor. Der höchste erreichte Wert von 35 in der Gesamtstichprobe für das Leseverständnis stammt ebenfalls aus dieser Gruppe. Die Gymnasiasten ($N=326$) erreichen den höchsten Mittelwert von 13,4 ($SD=5,2$) und unterscheiden sich damit deutlich vom Mittelwert der Werkrealschüler. Die Varianz ist bei den Gymnasiasten hoch ($\text{Min}=0$, $\text{Max}=33$), jedoch kleiner als bei den Realschülern. Um zu überprüfen, ob die Unterschiede signifikant sind, wurde eine einfaktorielle ANOVA durchgeführt. Die Varianzhomogenität wurde mit dem Levene-Test überprüft und ist gewährleistet ($p>0,05$). Es kann ein hoch signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen festgestellt werden ($p<.001^{***}$). Um die Unterschiede zwischen den Gruppen detaillierter zu betrachten, wurde ein Post-hoc-Test mit Bonferroni-Korrektur durchgeführt. Dabei zeigt sich, dass sich alle Gruppen voneinander hoch signifikant ($p<0.001^{***}$) unterscheiden. Zwischen den Werten der Werkrealschule und der Realschule kann ein großer Effekt nach Cohen (1988) festgestellt werden ($d_{\text{Cohen}}=1.2$). Auch zwischen den Werten der Werkrealschüler und Gymnasiasten findet sich ein sehr großer Effekt ($d_{\text{Cohen}}=1.8$). Zwischen den Werten der Realschüler und Gymnasiasten tritt ein mittlerer Effekt nach Cohen (1988) auf ($d_{\text{Cohen}}=0.6$). Damit können auch die dazugehörigen Hypothesen bestätigt werden:

9 Auswertung und Ergebnisse

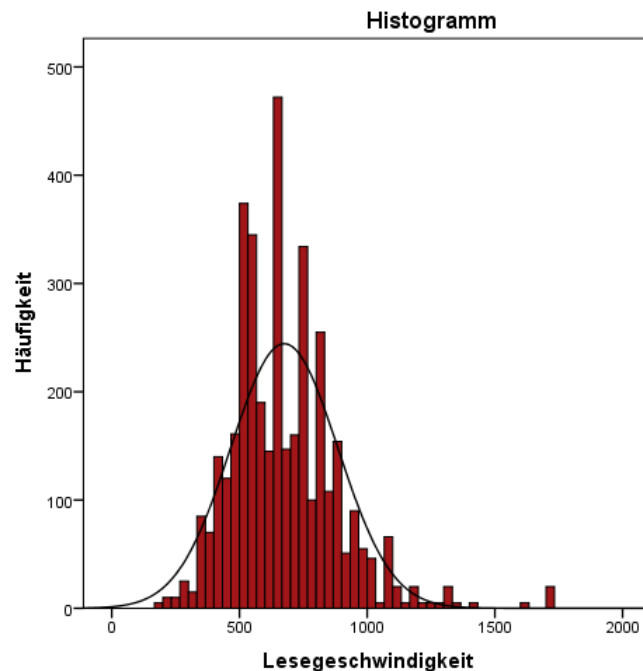


Abbildung 9.23: Histogramm mit Normalverteilungskurve Lesegeschwindigkeit

L1H1: Schüler des Gymnasiums erreichen signifikant höhere Werte als die Schüler der anderen Schularten ✓

L1H1: Schüler der Realschule erreichen signifikant höhere Werte als die Schüler der Werkrealschule ✓

9.4.2 Lesegeschwindigkeit

Bei der Lesegeschwindigkeit (Min=117, Max=1727, M=674, SD=210) kann von einer Normalverteilung ausgegangen werden (vgl. Abbildung 9.23.).

Zunächst werden mögliche Unterschiede zwischen den Schülern der 8. und der 9. Jahrgangsstufe betrachtet. Die Schüler der 8. Jahrgangsstufe (N=210) erreichen einen Mittelwert von 596,37 (SD=177,9), die Schüler der 9. Jahrgangsstufen (N=519) einen etwas höheren Mittelwert (M=698,5, SD=215,5). Es zeigt sich ein hoch signifikanter

Unterschied zwischen beiden Gruppen mit mittlerem Effekt nach Cohen (1988) ($U(283; 398)=37351,5$, $p<0,001^{**}$, $d_{\text{cohen}}=0.5$). Die Gruppen der unterschiedlichen Schularten zeigen Unterschiede. Den geringsten Mittelwert gelesener Wörter haben die Werkrealschüler ($N=89$, $M=605,3$, $SD=267,6$). Darauf folgen mit leicht höheren Werten die Realschüler ($N=381$, $M=632,7$, $SD=197,5$) und mit einem deutlichen Abstand die Gymnasiasten ($N=325$, $M=741,3$, $SD=187,6$). Dabei zeigen die Werkrealschüler die größte Varianz der Werte ($\text{Min}=117$, $\text{Max}=1727$) im Vergleich zu den Realschülern ($\text{Min}=182$, $\text{Max}=1714$) oder den Gymnasiasten ($\text{Min}=290$, $\text{Max}=1727$). Ob diese Unterschiede signifikant sind, sollen weitere Analysen klären. Da jedoch weder eine Varianzhomogenität vorliegt ($F(2,792)=7,9$ $p<.001$) noch die Gruppen gleich groß sind, wird der Kruskal-Wallis-Test durchgeführt. Es zeigt sich, dass sich die Gruppen hoch signifikant voneinander unterscheiden ($H(2)=87,3$, $p<.001$). Um Unterschiede zwischen den Gruppen zu analysieren, wurde ein post-hoc Test (Dunn-Bonferroni) durchgeführt. Hier zeigt sich, dass zwischen der Realschule und Werkrealschule keine signifikanten Unterschiede ausgemacht werden können ($z=-1,536$, $p=.374$), jedoch zwischen der Werkrealschule und dem Gymnasium ($z=-6,782$, $p<.001^{**}$, $d_{\text{cohen}}=0.7$) und der der Realschule und dem Gymnasium ($z=-8,350$, $p<.001^{**}$, $d_{\text{cohen}}=0.6$). Bei beiden Vergleichen zeigt sich auch ein mittlerer Effekt in der Effektstärke nach Cohen (1988).

9.4.3 Zusammenfassung

Die Schüler der 8.Jahrgangsstufen erreichen leicht niedrigere Werte im Leseverständnis als die Schüler der 9.Jahrgangsstufen. Dieser Unterschied ist signifikant. Beim Vergleich der Schularten zeigt sich, dass die Werkrealschule im Mittel den geringsten Wert erreicht ($M=4,4$, $SD=4,6$), es folgt die Realschule ($M=10,3$, $SD=5,1$) und der höchste Mittelwert kann bei den Gymnasiasten vergeben werden ($M=13,4$, $SD=5,2$). Die Varianz ist jedoch vor allem bei den Realschülern, aber auch bei den Gymnasiasten sehr hoch. Die Unterschiede sind hoch signifikant mit mittleren bis großen Effekten. Ähnlich verhält es sich mit der Lesegeschwindigkeit. Auch hier erreichen die Schüler der 9.Jahrgangsstufen höhere Werte im Mittel als die Schüler der 8.Jahrgangsstufen. Beim Vergleich der Schularten schneiden wieder die Gymnasiasten am besten ab ($M=741,3$, $SD=187,6$), gefolgt von den Schülern der Realschulen ($M=623,7$, $SD=197,5$) und mit den geringsten Mittelwerten die Werkrealschüler ($M=605,3$, $SD=267,6$). Auch diese Unterschiede sind zum Teil hoch signifikant.

9.5 Zusammenhang der unterschiedlichen Faktoren

In den folgenden Kapiteln wird analysiert, ob sich Zusammenhänge zwischen den unterschiedlichen Daten der Studie finden lassen. Dazu werden die Ergebnisse der unterschiedlichen Testverfahren miteinander in Verbindung gebracht und auf Zusammenhänge untersucht. Beispielsweise soll damit geklärt werden, ob das Wissenschaftsverständnis oder die Religiosität einen Einfluss auf die Vorstellungen zu evolutionären Prozessen aufweisen (Kapitel 9.5.1. und 9.5.2.). Des Weiteren soll analysiert werden, ob es einen Zusammenhang zwischen den geäußerten Vorstellungen zu Evolution und der Lesekompetenz gibt (Kapitel 9.5.3.). Ebenso wird überprüft, inwiefern Zusammenhänge zwischen der Religiosität und dem Wissenschaftsverständnis (9.5.4.) oder dem Wissenschaftsverständnis und der Lesekompetenz (9.5.5.) gefunden werden können.

9.5.1 Vorstellungen Evolution und Religiosität

Es zeigt sich eine schwache, negative, jedoch signifikante Korrelation zwischen der Zentralität der Religiosität und dem Evolutionsscore ($r_s(3865) = -.04$, $p = .02^*$). Zwischen der *Eigenen Einschätzung der Religiosität* und dem Evolutionsscore findet sich ebenfalls eine schwache, negative, jedoch hochsignifikante Korrelation ($r_s(3865) = -.06$, $p < .001^{***}$). Im Evolutionstest wird für religiöse Antworten unter anderem die Kategorie *Gott als Schöpfer* kodiert. Zwischen dieser Kategorie und dem mithilfe des Testbogens zur Religiosität ermittelten Z-Wert (Zentralität der Religiosität), zeigt sich eine hochsignifikante Korrelation ($r(3928) = .73$, $p < .001^{***}$). Beim Vergleich der Konfessionen bezüglich des Evolutionsscores findet sich ein hochsignifikanter Unterschied ($H(5) = 24,944$, $p < .001^{***}$, $d_{\text{cohen}} = 0.14$) zwischen den Gruppen. Post-hoc-Tests zeigen signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen Islam und Christentum ($z = 3,418$, $p = .013$, $r = .06$) und Islam und keine Religionsgemeinschaft ($z = -4,652$, $p < .001^{***}$, $r = .15$). Die Befunde zeigen, dass die folgenden Hypothesen bestätigt werden können:

R2H1: Religiöse Probanden zeigen seltener fachlich orientierte Vorstellungen. ✓

R3H1: Muslimische Schüler wählen seltener fachlich orientierte Vorstellungen als Schüler, die einer anderen Konfession angehören oder konfessionslose Schüler. ✓

Die Hypothese R3H1 kann nur mit Einschränkungen bestätigt werden, da nur Un-

9.5 Zusammenhang der unterschiedlichen Faktoren

terschiede zwischen muslimischen und konfessionslosen Schülern gefunden werden können.

R3H2: Konfessionslose Schüler wählen häufiger fachlich orientierte Vorstellungen.-> ✓ mit Einschränkungen

9.5.2 Vorstellungen Evolution und Wissenschaftsverständnis

Es zeigt sich eine geringe, jedoch hoch signifikante Korrelation zwischen dem erreichten Wissenschaftsverständnis und dem Evolutionsscore ($r(3825) = .13, p < .001^{***}$). Je höher das Wissenschaftsverständnis ausfällt, desto höher ist auch der Evolutionsscore. Werden jedoch nur die Schüler der Werkrealschule betrachtet, lässt sich keine Korrelation mehr feststellen. Die Hypothese WEH1 kann daher mit Einschränkungen bestätigt werden. Nach der Datenlage gilt sie jedoch nicht für die Schüler der Werkrealschule.

WEH1: Schüler mit einem höheren Wissenschaftsverständnis haben auch ein fachlich angemesseneres Verständnis von Evolution als Schüler mit einem niedrigen Wissenschaftsverständnis. ✓

9.5.3 Vorstellungen zu Evolution und Leseverständnis

Es zeigt sich, dass zwischen dem Leseverständnis und dem erreichten Evolutionsscore eine geringe, jedoch hoch signifikante Korrelation besteht. ($r_s(3642) = .147, p < .001^{***}$). Ebenso lässt sich zwischen der Lesegeschwindigkeit und dem Evolutionsscore eine geringe, jedoch hoch signifikante Korrelation beobachten ($r_s(3642) = .076, p < .001^{***}$). Das heißt, je höher das Leseverständnis beziehungsweise die Lesegeschwindigkeit, desto höher der Evolutionsscore. Betrachtet man anschließend die unterschiedlichen Aufgabensets, lassen sich in manchen Aufgabensets davon abweichende, deutlich höhere Korrelationen feststellen. Die Ergebnisse zu Aufgabensets A, B und C werden daher an dieser Stelle noch detailliert vorgestellt.

Eine weitere Hypothese dieser Studie ist, dass Schüler mit einer höheren Lesekompetenz differenzierende Ausdrücke in Aufgaben mit höherer Wahrscheinlichkeit erkennen und für die Beantwortung nutzen können. Dies wird beispielsweise für Aufgaben in **Aufgabenset C** vermutet, die einen Hinweis auf Variation enthalten. Daraus

9 Auswertung und Ergebnisse

wird die Annahme abgeleitet, dass diese Schüler eher eine Variation in ihren Antworten aufgreifen und dadurch einen vergleichsweise höheren Evolutionsscore erreichen. Dies ist beispielsweise zu beobachten, wenn für die Berechnungen nur Aufgaben aus Aufgabenset C verwendet werden. Es zeigt sich dadurch eine leicht höhere, immer noch geringe signifikante Korrelation zwischen dem Leseverständnis und dem Evolutionsscore (r_s (707) = .175 $p < .001^{***}$). Um dies genauer zu untersuchen, wurde ein Kruskal-Wallis-Test verwendet. Dazu wurde die Stichprobe Leseverständnis in drei Kategorien eingeteilt (3=High Performer, 2=Middle Performer, 1=Low Performer), wie in Kapitel 8.3.4. (Forschungsdesign Leseverständnis) beschrieben. Es zeigt sich, dass sich die drei Gruppen hochsignifikant voneinander unterscheiden ($H(2)=21,307$, $p < .001^{***}$). Ein paarweiser Vergleich zeigt, dass sich die Gruppe der *High Performer* bezüglich des Evolutionsscores von der Gruppe der *Low Performer* und auch von der Gruppe der *Middle Performer* hoch signifikant unterscheidet. Es kann dabei ein mittlerer Effekt festgestellt werden ($d_{\text{cohen}} = .34$). Daher kann folgende Hypothese bestätigt werden:

L3(H1): Lesekompetentere Schüler erreichen bei der Bearbeitung der Aufgaben mit dem Hinweis auf Variation einen höheren Wert im Evolutionsscore, da sie eher dazu in der Lage sind, den gegebenen Hinweis aufzunehmen und für ihre Argumentation zu nutzen. ✓

In **Aufgabenset A** (Referenz) findet sich ein Hinweis auf den Anfangs- und Endzustand eines evolutionären Prozesses. In **Aufgabenset B** fehlt der Hinweis auf den Anfangszustand und damit der evolutionäre Kontext. Auch hier sollten lesekompetentere Schüler wahrscheinlicher differenzierende Ausdrücke in der Aufgabe erkennen und für ihre Argumentation nutzen können. Daher wäre zu erwarten, dass Schüler mit einer höheren Lesekompetenz den Hinweis auf einen evolutionären Prozess eher wahrnehmen und nutzen als Schüler mit einer niedrigeren Lesekompetenz. Dies sollte sich darin ausdrücken, dass diese Schüler höhere Werte im *Evolutionsscore* und dem *Score der Gezielten Gegenstandsanzuspassung* erreichen. Daher werden für die Berechnungen ausschließlich die Werte der Probanden verwendet, die bezüglich ihres Leseverständnisses als *High Performer* eingeschätzt werden können. Betrachtet wird dazu der *Score der Gezielten Gegenstandsanzuspassung*. Ein U-Test zeigt einen hoch signifikanten Unterschied zwischen den beiden Aufgabensets ($U(N_1=255, N_2=282)=24335,5$, $p < .001^{***}$) und einen mittleren Effekt in der Effektstärke ($d_{\text{cohen}}=.58$). Dieser fällt deutlich höher aus, als wenn alle Probanden in die Berechnung einbezogen werden ($d_{\text{cohen}}=.26$). Wenn bei dem Vergleich dieser Aufgabensets die Werte des Evolutionsscores betrach-

9.5 Zusammenhang der unterschiedlichen Faktoren

tet werden, zeigt sich ebenfalls ein hochsignifikanter Unterschied ($U(N_1=256, N_2=282) = 29739,0, p < .001^{***}$) zwischen den beiden Aufgabensets und ein etwas höherer Effekt in der Effektstärke nach Cohen ($d_{\text{cohen}}=0.31$), als wenn in die Berechnung alle Schüler einfließen ($d_{\text{cohen}}=0.23$).

9.5.4 Zusammenhang Religiosität und Wissenschaftsverständnis

Als nächstes wird geklärt, welcher Zusammenhang zwischen dem Wissenschaftsverständnis und der Religiosität besteht. Der Score *Wissenschaftsverständnis* korreliert signifikant negativ mit dem Scorewert der *Religiosität* ($r(4180)=-.07, p < .001^{***}$). Wer einen hohen Wert in der Religiosität erreicht, erreicht nur einen geringeren Wert im Wissenschaftsverständnis. Hypothese R4H1 kann also bestätigt werden:

R4H1: Sehr religiöse Schüler verfügen über ein geringeres Wissenschaftsverständnis als weniger religiöse Schüler.✓

Eine ANOVA zeigt höchst signifikante Unterschiede im Wissenschaftsverständnis in Abhängigkeit von der Religionszugehörigkeit ($F(5,3983)=40.354, p < .001^{***}$). Ein Gruppenvergleich mit Bonferroni Korrektur zeigt einen höchst signifikanten Unterschied zwischen Angehörigen des Christentums und des Islams ($p < .001^{***}$). Probanden, die dem Islam angehören, unterscheiden sich auch hoch signifikant von Anhängern des Buddhismus ($p=.005^{**}$) und höchst signifikant von Probanden ohne Religionszugehörigkeit ($p < .001^{***}$). Die Unterschiede in den Mittelwerten lassen sich in Abbildung 9.24. betrachten. Dabei muss berücksichtigt werden, dass nur sehr wenige Schüler dem Buddhismus und dem Hinduismus angehören und die erreichten Mittelwert dieser Gruppen vorsichtig zu behandeln sind. Eine Stichprobe mit einem ausgewogeneren Verhältnis der unterschiedlichen Religionen könnte hier Abhilfe schaffen. Zusätzlich muss bedacht werden, dass sich die mit Abstand größte Gruppe der Muslime unter den Werkrealschülern befindet. Schüler der Werkrealschule zeigten in dieser Studie insgesamt ein niedrigeres Wissenschaftsverständnis, weswegen dies bei der Interpretation der Ergebnisse als mögliche Fehlerquelle berücksichtigt werden muss.

9 Auswertung und Ergebnisse

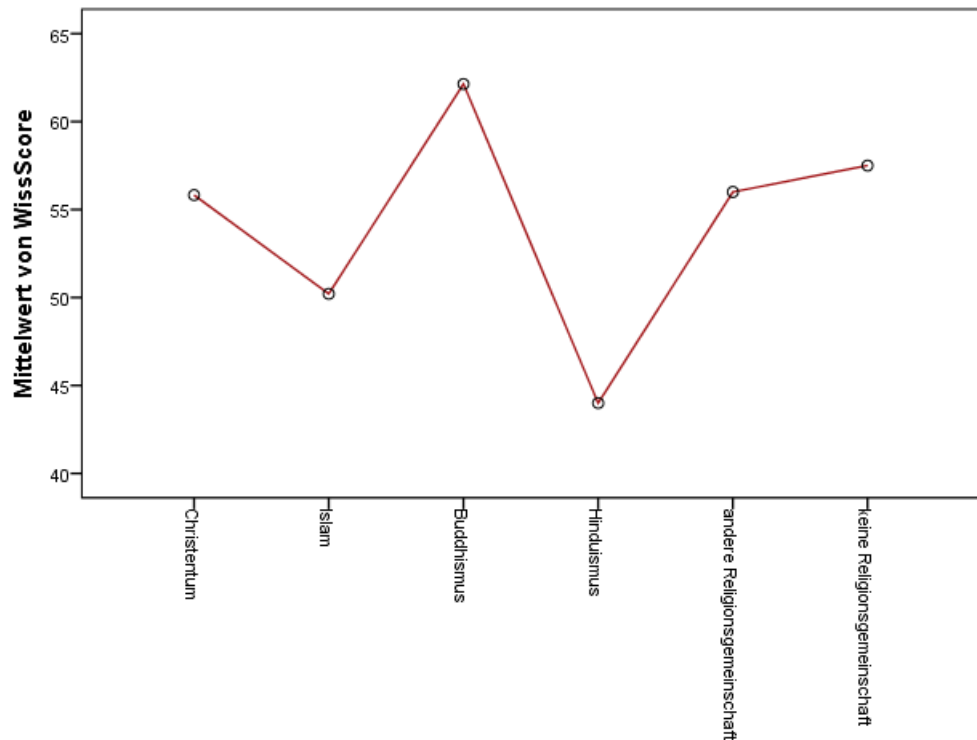


Abbildung 9.24: Mittelwertdiagramm zum Verhältnis Wissenschaftsverständnis und Religiosität

9.5.5 Zusammenhang Wissenschaftsverständnis und Lesekompetenz

Um herauszufinden, ob es einen Zusammenhang zwischen dem erreichten Scorewert für das Wissenschaftsverständnis und dem Leseverständnis gibt, werden drei Gruppen anhand des Leseverständnis gebildet. Die Einteilung wird in Kapitel 8.3.4. erläutert. Verglichen werden dabei *High Performer*, *Middle Performer* und *Low Performer*. Zunächst werden die Mittelwerte im Wissenschaftsverständnis der Gruppen betrachtet. Die *Low Performer* zeigen einen Mittelwert von 50,3 (SD=9,3, N=668) und die *Middle Performer* erreichen einen leicht höheren Mittelwert (M=55,5, SD=8,3, N=1926). Den höchsten Mittelwert beim Wissenschaftsverständnis weisen die *High Performer* auf (M=58,7; SD=7,8; N=1204). Anschließend wird geprüft, ob diese Unterschiede Signifikanz aufweisen. Das Wissenschaftsverständnis ist nach Sichtprüfung

9.5 Zusammenhang der unterschiedlichen Faktoren

Tabelle 9.11: Gruppenvergleiche Zusammenhang Leseverständnis und Wissenschaftsverständnis

Gruppenvergleich	Teststatistik	Effektstärke
<i>Middle Performer</i> und <i>Low Performer</i>	$z=-12,835$, $p<.001^{***}$	$d_{\text{cohen}}=0.5$ (mittlerer Effekt)
<i>Low Performer</i> und <i>High Performer</i>	$z=-19,917$, $p<.001^{***}$	$d_{\text{cohen}}=1$ (großer Effekt)
<i>Middle Performer</i> und <i>High Performer</i>	$z=-10,467$, $p<.001^{***}$	$d_{\text{cohen}}=0.4$ (kleiner Effekt)

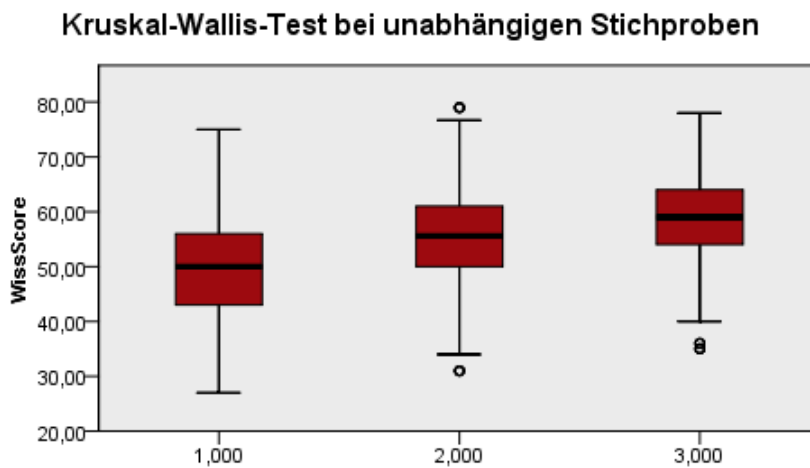


Abbildung 9.25: Boxplot Zusammenhang zwischen Leseverständnis und Wissenschaftsverständnis

des Histogramms normalverteilt (vgl. Kapitel 9.3.). Eine ANOVA kann jedoch wegen fehlender Varianzhomogenität nicht durchgeführt werden. Aus diesem Grund wird ein Kruskal-Wallis-Test verwendet, der einen hochsignifikanten Unterschied zwischen den Gruppen aufzeigt ($\chi^2(2)$, $N = 398,337$, $p<.001^{***}$). Weiterführende Dunn-Bonferroni-Tests ergeben, dass sich alle Gruppen hoch signifikant voneinander unterscheiden und beim Vergleich der *High Performer* und der *Low Performer* ein großer Effekt gefunden werden kann (vgl. Tabelle 9.11. und Abbildung 9.25). Es existiert also ein hoch signifikanter Zusammenhang zwischen dem erreichten Leseverständnis und dem Wissenschaftsverständnis der Schüler. Wer ein höheres Leseverständnis aufweist, erreicht wahrscheinlicher auch ein höheres Wissenschaftsverständnis.

10 Diskussion

Ziel dieser Arbeit ist es zu klären, (I) welche Vorstellungen zu evolutionären Prozessen bei Schülern der 8. und 9. Jahrgangsstufe vorliegen, die zuvor formal zu diesem Thema nicht unterrichtet wurden. Zudem wird untersucht, (II) welchen Einfluss gezielt variierte Aufgabenkontexte und weitere Faktoren (III, Religiosität, Wissenschaftsverständnis, Lesekompetenz) auf die Nennung dieser Vorstellungen haben (vgl. Forschungsfragen, 84). Zunächst werden die ermittelten Vorstellungen vorgestellt und mit den Ergebnissen anderer Studien verglichen und diskutiert (Kapitel 10.1.). Anschließend wird der Einfluss unterschiedlicher Kontextfacetten vergleichend betrachtet (Kapitel 10.2.). Abschließend werden weitere Einflussfaktoren dazu in Bezug gesetzt (Kapitel 10.3.) und eine Kritik an der gewählten Methodik (Kapitel 10.4.) in die Diskussion miteinbezogen.

10.1 Schülervorstellungen zu ausgewählten evolutionären Prozessen

10.1.1 Aspekte fachlicher Vorstellungen

In einem Teil der Fälle äußern Schüler fachlich orientierte Konzepte, ohne dass sie zuvor dazu unterrichtet wurden. Die wesentlichen Überschneidungen betreffen zwei der *key concepts* von Nehm und Ha (2007) (Anwesenheit von Variation und das unterschiedliche Überleben respektive Fortpflanzungserfolg von Individuen, vgl. Kapitel 4.2.2.). Für die evolutionsbiologischen *key concepts* gibt es eine lebensweltliche Entsprechung im ICM Auslese. Im ICM Auslese wird unterschieden in Voraussetzungen (1) für einen Ausleseprozess (Variation, Erkenntnis einer Diskrepanz zwischen dem Auszuwählenden und dem Maß, Notwendigkeit einer Auslese), dem Ausleseprozess selbst (2) und Eigenheiten, die den Prozess charakterisieren (3) (u.a. Reaktivität und Finalität). Überschneidungen zu einer fachlichen Vorstellung finden sich unter anderem in der *Variation* und der *Auslese* (vgl. Kapitel 4.1. und 4.2.4.). Wenn man diese

10 Diskussion

betrachtet, ist zu beobachten, dass immerhin in 8,9% der Fälle eine *Variation* beschrieben wird. In 7% der Fälle wird eine *Auslese* angewendet. Dabei tritt das Konzepte *Auslese* und *Variation* in den meisten Fällen gemeinsam auf. Es gibt jedoch Aufgaben (beispielsweise die Guppy Aufgabe), in der diese Konzepte häufiger auftreten als bei anderen Aufgaben, was an späterer Stelle diskutiert wird (vgl. Kapitel 10.2.6).

Neben der *Variation* und *Auslese* wurden noch weitere Kategorien in den Evolutionsscore übernommen, welcher fachlich angemessene Vorstellungen abbilden soll (vgl. Kapitel 8.3.1.3.)¹ Insgesamt können in 13,4% der Fälle Punkte im Evolutionsscore vergeben werden. Also konnten in 13,4% der Fälle Elemente fachlich orientierter Vorstellungen gefunden werden. Andere Kategorien, die unerlässlich für eine fachliche Vorstellung sind, werden jedoch nur sehr selten von den untersuchten Schülern geäußert. Beispielsweise wird der Zufall in seiner Bedeutung für evolutionäre Prozesse nur in 0,9% der Fälle beschrieben. Dabei lässt sich beobachten, dass Gymnasiasten sowohl bei den Kategorien *Variation* und *Auslese* als auch im Evolutionsscore hochsignifikant höhere Werte aufweisen als Schüler der anderen untersuchten Schularten (vgl. Kapitel 9.1.1.4.). Werte im Score von fünf oder mehr Punkten werden ausschließlich von Gymnasiasten erreicht. Laut Kontingenzstundentafel müssten die Schüler des Gymnasiums geringfügig mehr naturwissenschaftlichen Unterricht erhalten haben als die Schüler der anderen Schularten (Ministerium für Kultus, Jugend und Sport Baden-Württemberg, 2004). Bishop und Anderson (1990) zeigten jedoch in ihrer Studie, dass der Umfang des erlebten Biologieunterrichts keinen oder nur einen sehr geringen Einfluss auf die Vorstellungen von Studenten hat. Ob dafür beispielsweise eine höhere Qualität des Unterrichts im Gymnasium, ein höherer Anteil fachfremden Unterrichts in der Werkrealschule/Realschule oder Faktoren, wie eine höhere Intelligenz ursächlich sein können, kann an dieser Stelle nicht geklärt werden. Ein möglicher Einflussfaktor ist auch die Lesekompetenz der Schüler. Dies wird in Kapitel 10.3.3. diskutiert. Ein Großteil der untersuchten Schüler weißt jedoch keinerlei fachlich orientierte Vorstellungen, also auch keine Konzepte aus dem ICM *Auslese* auf (86,6%). Da die Schüler keine unterrichtsbasierten Vorkenntnisse zu Evolution hatten, ist dieses Erkenntnis nicht unbedingt überraschend. Ähnlich wie bei Deadmann und Kelly (1978) und Engel Glough und Wood-Robinson (1985) argumentiert nur ein kleiner Anteil der Schüler mit fachlich orientierten Konzepten.

Zusammenfassend kann also gesagt werden, dass fachliche Konzepte wie *Variation*, *Selektion* und *Zufall* selten angewendet werden. Die lebensweltlichen Entsprechun-

¹ Erblichkeit von *Variation*, *Rekombination*, *Mutation*, *Überfruchtbarkeit*, *Wettbewerb um Ressourcen*, *Probabilität*, *Gradualität*. Die Häufigkeit dieser Kategorien wird in Kapitel 9.1.1.1. aufgeführt.

10.1 Schülervorstellungen zu ausgewählten evolutionären Prozessen

gen dieser Konzepte, die über das ICM Auslese abgebildet werden konnten, werden ebenfalls selten verwendet. Es fällt Schülern also offensichtlich schwer, das Konzept einer Auslese auf evolutionäre Fragestellungen anzuwenden. Des Weiteren konnte gezeigt werden, dass Gymnasiasten im Mittel höhere Werte im Evolutionsscore erreichen.

10.1.2 Lebensweltliche Vorstellungen einer gezielten Gegenstandsanpassung

Die Mehrzahl der von den Schülern genannten Vorstellungen lässt sich dem lebensweltlichen ICM *Gezielte Gegenstandsanpassung* zuordnen (vgl. Kapitel 9.1.1.2.). In diesem werden Voraussetzungen (1), Mechanismen (2) und Eigenheiten (3) unterschieden. Das ICM bietet damit die Möglichkeit, lebensweltliche Vorstellungen zu organisieren und geht daher in seiner Strukturiertheit über bisherige Einteilungen hinaus. Die Kategorien *Anpassungsnotwendigkeit*, *Anpassungserkenntnis*, *Anpassungsintention* und *Körperweisheit* werden den Voraussetzungen (1) zugeordnet. Die Kategorie *Anpassungsnotwendigkeit* kann in 46,7% der Fälle vergeben werden. Häufig treten auch eine *Anpassungserkenntnis* (22,5%) und eine *Anpassungsintention* (22,9%) auf. Eine *Körperweisheit* dagegen wird nur in 2,8% der Fälle beschrieben. Eine Notwendigkeit zur Anpassung wird demnach fast in der Hälfte aller Fälle geäußert. Die häufige Nennung dieser Voraussetzungen für einen Anpassungsprozess legen den Schluss nahe, dass Anpassung reaktiv erfolgt, wenn zuvor von dem Lebewesen eine Diskrepanz zwischen ihren Merkmalen und den Anforderungen der Umwelt erkannt wurde. Zu den Mechanismen gehören die *adaptive körperliche Änderung* und die *adaptive genetische Änderung*. Eine adaptive körperlicher Änderung wurde häufig (in 24,5% der Fälle) kodiert. Eine *adaptive genetische Änderung* kann dagegen nur sehr selten gefunden werden (vgl. Kapitel 9.1.1.2.). Schüler der Werkrealschule tätigen seltener Aussagen zum Anpassungsprozess als die Schüler der anderen Schularten. Sie beziehen sich häufiger nur auf die Voraussetzungen oder Eigenheiten eines evolutionären Prozesses. Beispielsweise tritt die Kategorie *Adaptive körperliche Änderung* bei ihnen nur in 16,5% der Fälle auf, wogegen eine *Anpassungsnotwendigkeit* in 33% der Fälle gefunden wird. Bei den Gymnasiasten wird in 58,4% der Fälle eine *Anpassungsnotwendigkeit* beschrieben, jedoch auch in 33% der Fälle eine *adaptive körperliche Änderung* und damit ein Mechanismus. Insgesamt kann gesagt werden, dass Schüler der Werkrealschule unabhängig davon, ob fachlich angemessen oder nicht, weniger Aussagen zu den

Mechanismen machen, als Schüler der anderen untersuchten Schularten. Unter den Eigenheiten (3) werden die Kategorien *Reaktivität* und *Finalität* verortet, die ebenfalls häufig auftreten (vgl. Kapitel 9.1.1.2.). Wenn der Score *Gezielte Gegenstandsangepassung* komplett betrachtet wird, fällt auf, dass Gymnasiasten bei diesen Vorstellungen die größte Varianz aufweisen. Sie erreichen sowohl sehr niedrige, als auch höhere Werte im Score *Gezielte Gegenstandsangepassung*. Bei Werkrealschülern finden sich dagegen nur sehr niedrige Werte. Insgesamt unterscheiden sich die Gruppen Gymnasium, Realschule und Werkrealschule hochsignifikant bezüglich dem Score der *Gezielten Gegenstandsangepassung* voneinander (vgl. Kapitel 9.1.1.4.).

Diese Ergebnisse lassen sich nur bedingt mit den Ergebnissen anderer Studien vergleichen. Andere Studien (vgl. Kapitel 4.2.) sammeln Ergebnisse und benennen Sie, ohne ein theoretisch abgeleitetes Konzept (wie das ICM *Gezielte Gegenstandsangepassung*) anzuwenden. Vor diesem Hintergrund lassen sich die bereits verfügbaren Ergebnisse aber anders organisieren und einfügen. Beispielsweise wird in anderen Arbeiten zwischen *Finalen* und *Teleologischen Vorstellungen* unterschieden. Diese Termini wurden hier als *Intentionale Vorstellungen* zusammengefasst und lassen sich im ICM *Gezielte Gegenstandsangepassung* verorten. Sie basieren alle darauf, dass zum Erreichen eines Ziels oder Zwecks absichtsvolle Handlungen erfolgen. Es lässt sich beobachten, dass auch in anderen Studien (Engel Clough & Wood-Robinson, 1985; Bishop, B., Anderson, C.W., 1990; Kampourakis & Zogza, 2008; Nehm & Ha, 2011) häufig Erklärungen auftreten, die eine Intentionalität beinhalten. Beispielsweise erklärten bei Engel Clough und Wood-Robinson (1985) 16% der Schüler die ungleiche Farbverteilung von Raupen auf verschieden gefärbten Bäumen mit einer bewussten und wohlüberlegten Reaktion auf die veränderte Umwelt.

10.1.3 Weitere Erklärungen

Erklärungen, die sich einer Auslese bedienen, und Erklärungen, die im ICM *Gezielte Gegenstandsangepassung* beschrieben werden, stellen den größten Anteil an gefundenen Vorstellungen in dieser Studie dar. Darüber hinaus werden jedoch noch weitere Vorstellungen beschrieben. Diese werden jedoch sehr selten genannt (vgl. Kapitel 9.1.1.3.). Beispielsweise sind das Vorstellungen einer *Abwanderung* oder eines *Externen Faktors*. Dieses Ergebnis deckt sich mit den Ergebnissen anderer Studien. Beispielsweise wählten bei Engel Clough und Wood-Robinson (1985) abhängig von der Aufgabe nur zwischen 1% und einem knappen Fünftel der Probanden die Erklärung einer

10.2 Einfluss verschiedener Kontextfaktoren auf Schülervorstellungen zu Anpassung und Auslese

Abwanderung. In 0,7% der Fälle können religiöse Vorstellungen gefunden werden. Da 2% der befragten Schüler als hoch religiös eingeschätzt werden können, ist dieser Wert entsprechend den Erwartungen. Der Einfluss der Religiosität wird in Kapitel 10.3.2. diskutiert. Abschließend kann jedoch gesagt werden, dass das entwickelte Erhebungsinstrument dazu in der Lage ist, eine große Bandbreite an Vorstellungen zu erheben.

10.2 Einfluss verschiedener Kontextfaktoren auf Schülervorstellungen zu Anpassung und Auslese

In vorangegangenen Untersuchungen wurde beobachtet, dass Probanden häufig inkonsistent antworten (Kampourakis & Zogza, 2008; Nehm & Ha, 2011; Brennecke, 2014). Das bedeutet, es werden unterschiedliche Vorstellungen zu unterschiedlichen Aufgaben verwendet. Ein möglicher Einflussfaktor dafür ist der Aufgabenkontext (Nehm & Ha, 2011). Vorstellungen werden möglicherweise ad hoc und damit situativ gebildet (Samarapungavan & Wiers, 1997). Andere Studien weisen auf diesen Sachverhalt hin und fordern, dass Vorstellungen daher nur mit verschiedenen Aufgaben erhoben werden können (Brennecke, 2014). Dafür muss der Einfluss unterschiedlicher Kontextfacetten jedoch zunächst geklärt werden. Um mögliche Kontextfaktoren gezielt ableiten und damit testen zu können, benötigt es einen theoretischen Rahmen. Dieser wurde in Kapitel 4 vorgestellt. Anhand dieses Rahmens können mögliche Kontexteinflüsse untersucht werden. Die Ergebnisse dieser Untersuchung wird nachfolgend diskutiert.

10.2.1 Idealisierte kognitive Modelle als Ausgangspunkt der Untersuchung

Über Idealisierte Kognitive Modelle zu Anpassung und Auslese wurde versucht, potentielle Kontextfacetten zu identifizieren (vgl. Kapitel 4.2.4.). Diese Modelle bilden jeweilig ein idealisiertes Verständnis des Anpassungs- und Ausleseprozesses ab. Darüber hinaus wurden an dieser Stelle Ergebnisse anderer Studien für die Modellbildung und Aufgabenkonstruktion berücksichtigt (Weitzel, H. & Gropengießer, H, 2009; Nehm & Ha, 2011; Kampourakis & Zogza, 2008). Das ICM der *Gezielten Gegenstandsanpassung* kann unter anderem in (1) Voraussetzungen und (2) Mechanismen unterteilt werden (vgl. Kapitel 4.2.4.). Zu den *Voraussetzungen* (1) werden unter ande-

rem die Kategorien *Anpassungserkenntnis* und *Anpassungsnotwendigkeit* gezählt. Viele Studien beschreiben die Vorstellungen von Schülern zu Anpassung und Evolution als einen teleologischen Prozess der Optimierung individueller Organismen (Bishop, B., Anderson, C.W., 1990; Deadman, J. & Kelly, P., 1978; Engel Clough & Wood-Robinson, 1985; Lammert, 2012). Teleologische Prozesse laufen zielgerichtet ab. Daher wird ein Ziel (die Angepasstheit) und eine Diskrepanz zwischen Ist-Zustand und Ziel als Voraussetzung für einen Anpassungsprozess benötigt. Nehm und Ha (2011) identifizieren in ihrer Studie sechs verschiedene Kategorien von alternativen Vorstellungen, von denen vier an dieser Stelle im ICM wiedergefunden werden können. Die Kategorien *Bedürfnisse und Ziele* und *Druck* können als Ausdruck von *Anpassungsnotwendigkeit* interpretiert werden. Die Vorstellung von *Intentionalität* entspricht im ICM dem *Akteur*, der über die Fähigkeit verfügt, eine Situation zu erkennen und daraus eine Notwendigkeit der Anpassung abzuleiten (Diskrepanz zwischen Ist-Zustand und Ziel). Auch die Kategorie *bewusste Energiebereitstellung* beinhaltet den Akteur, der eine *bewusste* Handlung initiiert. Deshalb ist es sinnvoll, die genannten Kategorien als Varianten einer Vorstellung zusammenzufassen und in dem ICM bei den *Voraussetzungen* zu verorten. Ein teleologischer Prozess der Optimierung individueller Organismen entspricht nach der Theorie des erfahrungsbasierten Verstehens dem Weg-Ziel-Schema (vgl. Kapitel 3.2.), welches sich ebenfalls im ICM der *Gezielten Gegenstands Anpassung* finden lässt. Das Ziel wird durch den Akteur und die *Voraussetzungen* (1) vorgegeben und der Weg kann den *Mechanismen* (2) zugeordnet werden. Die von Nehm und Ha (2011) beschriebene Kategorie *Gebrauch und Nichtgebrauch* entspricht einer basalen lebensweltlichen Vorstellung eines Anpassungsmechanismus (beispielsweise in der konkreten Vorstellung eines Trainings). Die Kategorien *Merkmale anpassen und erwerben* und *bewusste Energiebereitstellung* beschreiben ebenfalls einen Mechanismus und können somit als Teil des ICMs betrachtet werden. Nehm und Ha (2011) fanden heraus, dass *Bedürfnisse und Ziele* (Voraussetzungen), *Intentionalität* (Akteur) und *Gebrauch und Nichtgebrauch* (Mechanismus) gemeinsam auftreten und verknüpft scheinen. In dieser Studie können diese drei Kategorien über den theoretischen Rahmen des ICMs theoretisch begründet miteinander verknüpft werden. Damit können also von anderen Studien beschriebene Kategorien in dem ICM *Gezielte Gegenstands Anpassung* wiedergefunden und zusammengefasst werden.

Neben dem ICM der *Gezielten Gegenstands Anpassung* wurde in dieser Arbeit auch das ICM *Auslese* als weiteres Modell genutzt. Es finden sich in diesem Modell viele Gemeinsamkeiten mit dem ICM *Gezielte Gegenstands Anpassung*. Charakterisiert wird es durch einen Ausleseprozess anstelle des Anpassungsprozesses. Es erfolgt also ei-

10.2 Einfluss verschiedener Kontextfaktoren auf Schülervorstellungen zu Anpassung und Auslese

ne Auslese aus einer Auswahl an Objekten. Dies setzt die Erkenntnis der Variation voraus. Es hat sich in dieser Studie gezeigt, dass Schüler ohne unterrichtsbasierte Vorkenntnisse auch dieses Modell zur Erklärung nutzen. Dies ist deswegen interessant, weil dieses Modell mehr Gemeinsamkeiten mit einer fachlich angemessenen Erklärung aufweist, als das ICM *Gezielte Gegenstandsanzpassung*. Daher können dort Anknüpfungsmöglichkeiten für die Vermittlung gefunden werden. Die Analyse der genannten Studien und die Ergebnisse dieser Arbeit zeigen, dass die idealisierten kognitiven Modelle (ICMs) dazu geeignet sind, Vorstellungen zu beschreiben und besser zu verstehen. Die ICMs wurden genutzt, um mögliche Einflussfaktoren abzuleiten, welche in Aufgabenkontexte überführt werden konnten. Die darüber aufgestellten Hypothesen sollen in den folgenden Abschnitten diskutiert werden.

10.2.2 Aufgabenkontext: Angabe von Anfangs- und Endzustand

Kampourakis und Zogza (2008) halten als ein Ergebnis ihrer Studie fest, dass Schüler inkonsistent auf Aufgaben antworten, die eigentlich das gleiche Erklärungsmuster verlangen. So wurden in dieser Studie mehr ultimate Erklärungen gefunden, wenn im Aufgabenkontext Anfangs- und Endzustand eines evolutionären Prozesses gegeben sind. In einer vorigen explorativen Studie (Betzitza, 2013) konnte dieser Zusammenhang nicht gefunden werden, weswegen in der vorliegenden Studie versucht wurde, diese Kontextfacette gezielt zu testen. Auch diese neuen Ergebnisse zeigen ein anderes Bild als bei Kampourakis und Zogza (2008).

Bei Beschreibung des Anfangs- und Endzustandes im Aufgabenkontext äußerten die Schüler vergleichsweise häufiger evolutionäre (ultimate) Erklärungen, als bei ausschließlicher Nennung des Endzustandes im Aufgabenkontext. Das bedeutet, dass in diesen Fällen wahrscheinlicher eine ultimate Kontextualisierung erfolgte. Eine evolutionäre Erklärung ist so definiert, dass sie dazu in der Lage ist, einen evolutionären Wandel zu beschreiben und zu begründen, also die Frage nach dem *warum* zu beantworten (vgl. ultimate Vorstellungen, Kapitel 4.2.1.). Damit sind jedoch nicht zwingend nur fachlich angemessene Vorstellungen gemeint. Auch Erklärungen, die sich beispielsweise einer *Gezielten Gegenstandsanzpassung* bedienen, sind evolutionäre Erklärungen, weil sie einen evolutionären Wandel erklären könnten. Evolutionäre Erklärungen beinhalten adaptive Änderungen, die an kommende Generationen (über Vererbung) weitergegeben werden können. Bei ausschließlicher Nennung des Endzustandes werden jedoch signifikant häufiger proximate Erklärungen bevorzugt und

damit Vorstellungen, die keinen Bezug zum evolutionären Wandel herstellen (vgl. proximate Erklärungen Kapitel 4.2.1.).

Diese Ergebnisse scheinen zunächst konträr zu den Ergebnissen von Kampourakis und Zogza (2008). Dabei muss jedoch berücksichtigt werden, dass ein anderer methodischer Zugang erfolgte. Kampourakis und Zogza (2008) entwickelten fünf unterschiedliche Aufgaben, um die Vorstellungen der Schüler zu erheben. Bei der Auswertung stießen sie auf eine inkonsistente Beantwortung der Aufgaben. Aus den Aufgaben leiteten sie Vermutungen ab. Eine Überprüfung und Bestätigung dieser Vermutungen war für die Autoren im Rahmen der Studie jedoch nicht mehr möglich, weil eine Variablenkonfundierung nicht ausgeschlossen werden kann. Dies wurde in der vorliegenden Studie berücksichtigt und dementsprechende Hypothesen aufgestellt und Testinstrumente entwickelt. Daher ist es möglich, dass bei Kampourakis und Zogza (2008) weitere Einflussfaktoren zu dem anderen Ergebnis geführt haben, die in dieser Studie aufgrund des Forschungsdesigns nicht zum Tragen kamen. Zusammenfassend zeigt sich, dass eine Zuordnung der Aufgaben durch die Schüler in den Kontext Evolution eher möglich ist, wenn der Aufgabenkontext Hinweise auf einen Ausgangszustand und einen Endzustand enthält.

10.2.3 Aufgabenkontext: Hinweis auf Variation in Populationen

Kampourakis und Zogza (2008) vermuten, dass eine größere Informationsmenge im Aufgabenkontext die Entwicklung fachlich angemessener Erklärungen begünstigt, ohne dabei jedoch im Detail darauf einzugehen, welche Informationen dafür verantwortlich sind. Die Autoren schlussfolgern dies daraus, dass in der Aufgabe mit der höchsten Anzahl an Informationen auch am häufigsten fachlich angemessene Erklärungen gegeben wurden. Diese Aufgabe wurde für diese Studie näher betrachtet (vgl. Kapitel 4.2.3.). Deren Analyse zeigt, dass diese Aufgabe als zusätzliche Information gegenüber den anderen Aufgaben unter anderem die Beschreibung von Variation innerhalb einer Population enthält. Auch bei Nehm und Ha (2011) finden sich Hinweise darauf, dass die Nennung von Variation im Aufgabenkontext fachliche Vorstellungen begünstigt. Die Autoren fanden heraus, dass Aufgaben die intraspezifische Variation andeuten, häufiger zu Antworten führen, die die *key concepts* beinhalten. Bei der Analyse dieser Items zeigt sich, dass die Verwendung intraspezifischer Beispiele im Aufgabenkontext immer die Variation in der Population beinhaltet (vgl. Kapitel 4.2.3.). Aus der Analyse der Aufgaben der Studien von Nehm und Ha (2011) sowie Kampourakis und Zogza (2008) wurde die Hypothese abgeleitet, dass der Einbezug

10.2 Einfluss verschiedener Kontextfaktoren auf Schülervorstellungen zu Anpassung und Auslese

von Variation in den Aufgabenkontext fachlich angemessene Erklärungen begünstigt. Diese Hypothese kann bestätigt werden, da ein signifikanter Unterschied in den von den Schülern geäußerten Vorstellungen zwischen den Aufgaben gefunden werden konnte, die einen Hinweis auf Variation beinhalten und solchen, die diesen nicht enthalten. Es wird in Aufgaben mit einem Hinweis auf Variation wahrscheinlicher mit einer Variation ($\chi^2(1, N = 1258) = 9,1, p = .003^{**}$) und einem daraus abgeleiteten, lebensweltlichen Konzept der Auslese argumentiert als in der Vergleichsgruppe. Dies zeigt sich auch in einem signifikanten Unterschied im Evolutionsscore ($U(N_1=762, N_2=766)=268959,0, p=.043^*$). Besonders deutlich zeigt sich jedoch der mögliche Einfluss der Nennung der Variation bei den Aufgaben *Guppys* und *Paradiesvögel*. Diese Aufgaben zeigen in allen Aufgabensets deutlich höhere Werte im Evolutionsscore. Eine mögliche Erklärung dafür könnte sein, dass sie in allen Aufgabensets einen impliziten Hinweis auf Variation enthalten, der nicht vermeidbar ist. Im Aufgabenset C (Hinweis auf Variation) wird er dagegen deutlich betont, was wahrscheinlich dazu führt, dass dies Aufgabe die höchste Nennung im Evolutionsscore zeigt.

Zusammengefasst kann also gesagt werden, dass nicht die Menge der Informationen, wie von Kampourakis und Zogza (2008) vermutet, entscheidend ist, sondern die Wahl der zusätzlichen Information. Aufgaben, die im Aufgabenkontext einen Hinweis auf die Variation in der Population enthalten, führen wahrscheinlicher zu fachlich orientierten Vorstellungen, als Aufgaben, bei denen der Aufgabenkontext ohne diesen Hinweis gestaltet wurde.

10.2.4 Aufgabenkontext: Wahl des Taxons

Zahlreiche Studien weisen auf einen Einfluss der systematischen Gruppe hin, der die im Aufgabenkontext benannten Organismen angehören (Engel Clough & Wood-Robinson, 1985; Palmer, 1996; Ha, M., Lee, J.K., & Cha, H.Y., 2006; Brennecke, 2014). Allerdings fand in diesen Studien keine Isolierung des Faktors statt, was eine gezielte Untersuchung unmöglich macht. Zusätzlich dazu vergleichen die Autoren dabei Organismen unterschiedlicher Reiche miteinander, andere bleiben auf der Ebene der Familie oder kombinieren ungezielt verschiedene Ebenen. In dieser Studie wurde versucht, das Merkmal Taxon gezielt zu testen. Dabei wurden in manchen Items Tiere und Pflanzen gegenübergestellt (Aufgabe A2 und E2, Aufgabe A3 und E3). In anderen Aufgaben wurde versucht, Tiere mit einer größeren Nähe zum Menschen (beispielsweise Säugetiere) Tieren gegenüberzustellen, die in der Systematik eine größere Entfernung

zum Menschen aufweisen (z.B. Insekten). Dies geschah beispielsweise in den Aufgaben A1 (Gepard) und D1 (Birkenspanner) und A5 (Guppys) und D5 (Paradiesvögel). Ausschlaggebend dafür war die höhere Wahrscheinlichkeit einer Übertragung von Fähigkeiten des Menschen (anthropomorphe Vorstellungen, vgl. Kapitel 4.2.1.) auf näherverwandte Lebewesen im Vergleich zu weiter verwandten. Für den Einfluss der verwendeten Organismen auf das Antwortverhalten konnten jedoch in dieser Studie keine tragfähigen Hinweise ausgemacht werden. Nur beim Vergleich der Aufgaben *Gepard* und *Birkenspanner* konnte überhaupt ein Unterschied gefunden werden. Die Aufgabe mit dem Beispielorganismus *Gepard* erreicht einen höheren Mittleren Rang (942,65) im Score der Gezielten Gegenstandsanpassung als die ansonsten identische Aufgabe mit dem Birkenspanner als Beispielorganismus (782,32). Insgesamt erreicht diese Geparden-Aufgabe den signifikant höchsten Wert im Score. Diese Aufgabe scheint also ein sehr guter Trigger für die Wahl dieses lebensweltlichen Modells zu sein. Ein detaillierter Blick zeigt, dass die Probanden häufig ein bewusstes Training als Anpassungsmechanismus beschreiben. Möglicherweise werden damit anthropomorphe Vorstellungen eines bewussten Trainings zum Zweck der Leistungssteigerung eher auf den Geparden, als auf den Birkenspanner übertragen.

Methodische Unterschiede sind wahrscheinlich der Grund, warum im Vergleich zu den anderen Studien bei der vorliegenden kaum signifikante Unterschiede zwischen den verwendeten Taxa gefunden werden konnten. Ein Großteil der Studien unterließ eine gezielte Gegenüberstellung unterschiedlicher Organismen, weswegen eine Variablenkonfundierung nicht ausgeschlossen werden kann. Bei Ha, Lee und Cha (2006) konnten Unterschiede zwischen Pflanzen und Tieren gefunden werden, jedoch wurden hier forced-choice-items verwendet und kein offenes Antwortformat wie in dieser Studie. Es scheint für eine weitere Überprüfung angebracht, jede Aufgabe im Hinblick auf verschiedene Taxa kontrolliert zu variieren. Dazu müsste zunächst noch detaillierter differenziert werden, nach welchen Merkmalen und Kriterien geeignete Gruppen für diese Gegenüberstellung gebildet werden könnten.

10.2.5 Aufgabenkontext: Selektionsdruck

In einer vorigen explorativen Studie (Betzitza, 2013) konnte beobachtet werden, dass die Nennung und die Art eines Selektionsdrucks im Aufgabenkontext das Antwortverhalten der Schüler zu beeinflussen scheint. Daher wurde in dieser Studie versucht, diesen möglichen Einfluss näher zu betrachten. Als Varianten eines Selektionsdrucks wurden unterschieden: (a) Räuber-Beute-Beziehung, (b) Partnerwahl (-> Sexuelle Se-

10.2 Einfluss verschiedener Kontextfaktoren auf Schülervorstellungen zu Anpassung und Auslese

lektion) und (c) Kontrollaufgaben (kein Selektionsdruck, Aufgabenset E). In den ICMs zu *Auslese* und *Gezielte Gegenstands-anpassung* wird ein Anpassungs- beziehungsweise Ausleseprozess nur dann initiiert, wenn eine *Anpassungsnotwendigkeit* besteht. Ohne *Anpassungsnotwendigkeit* erfolgt also keine Anpassung. Damit ist zu erwarten, dass die Probanden nur einen Anpassungsprozess beschreiben, wenn eine Notwendigkeit dafür besteht. Das Weglassen des Selektionsdrucks führt in dieser Studie zu weniger fachlich orientierten Erklärungen. Hoch signifikant häufiger wird in diesen Fällen ausschließlich eine *Anpassungsnotwendigkeit* beschrieben. Diese wird als notwendige Voraussetzung von den Schülern rekonstruiert, wenn die Aufgabe einen abgelaufenen Anpassungsprozess impliziert, aber keine Aussage zu einem Selektionsdruck macht. Die Schüler tendieren in diesen Fällen dann eher dazu, nicht mehr zu beschreiben, *wie* das Merkmal entstanden ist (Beschreibung des Mechanismus), sondern *warum* dieses Merkmal entstehen sollte (Anpassungsnotwendigkeit). Aussagen zu Mechanismen werden in den Aufgaben des Aufgabensets E (kein Selektionsdruck) somit signifikant seltener gemacht, als im Referenzset. Eine Anpassung wird also nur beschrieben, wenn diese auch notwendig erscheint.

10.2.6 Mögliche weitere Kontextfaktoren

Häufig erreichen die Unterschiede zwischen den Aufgabensets nur eine geringe Effektstärke. Möglicherweise liegen die Gründe in weiteren Kontextfacetten, die noch nicht identifiziert wurden. Aus diesem Grund werden an dieser Stelle die Aufgaben vorgestellt, bei denen Besonderheiten festgestellt werden konnten. Mögliche Einflussfaktoren für die beobachteten Auffälligkeiten werden anschließend diskutiert. Zunächst werden dabei die Aufgaben betrachtet, die bei Betrachtung des Evolutionsscores Besonderheiten aufweisen. Beispielsweise erreichten diese Aufgaben deutlich höhere Werte im Evolutionsscore als alle andere Aufgaben des gleichen Aufgabensets (und damit des gleichen Kontextfaktors). Erwartbar wäre jedoch gewesen, dass die Aufgaben eines Sets weitgehend konsistent beantwortet werden. Anschließend folgen die auffälligen Aufgaben bezüglich des Scores der *Gezielten Gegenstands-anpassung*. Auch im Bezug auf einzelne Kategorien konnten Häufungen festgestellt werden. Manche Aufgaben weisen unabhängig vom Aufgabenset höhere Nennung in einzelnen Kategorien (wie beispielsweise der Kategorie *Änderung durch Gebrauch*) auf.

10.2.6.1 Auffälligkeiten bei der Betrachtung des Evolutionsscores

Bei der Analyse konnte festgestellt werden, dass die Aufgaben „Paradiesvögel“ und „Guppys“ unabhängig vom Aufgabenset (und damit dem jeweiligen Kontextfaktor) höhere Nennungen im Evolutionsscore erreichen als andere Aufgaben. In Aufgabenset A und C unterscheidet sich die Aufgabe „Guppys“ hochsignifikant von den anderen Aufgaben (vgl. Kapitel 9.1.3.). In Aufgabenset D kann außerdem ein signifikanter Unterschied zwischen der „Paradiesvögel“-Aufgabe und der „Bakterien“-Aufgabe gefunden werden. Die „Paradiesvögel“-Aufgabe ist abgesehen vom verwendeten Taxon identisch mit der „Guppy“-Aufgabe. Diese Aufgaben haben einen ähnlichen Aufbau wie die Aufgabe von Kampourakis und Zogza (2008), die ebenfalls diesen Effekt zeigt (vgl. Kapitel 4.2.3.). Die „Guppy“- beziehungsweise „Paradiesvögel“-Aufgabe gibt ebenfalls einen solchen Hinweis mit der Richtung eines Selektionsdrucks vor („Die weiblichen Guppys bevorzugen besonders auffällig gefärbte Männchen bei der Partnerwahl.“). Des Weiteren kann beobachtet werden, dass diese Aufgaben einen Hinweis auf die intraspezifische Variation geben, auch wenn dieser nur in Aufgabenset C explizit erwähnt wird. Wenn die Weibchen besonders auffällig gefärbte Männchen für die Partnerwahl bevorzugen, impliziert dies, dass es auch andere Männchen geben muss (die weniger Auffälligen). Ob in diesem Hinweis die Ursache für die den höheren Evolutionsscore zu finden ist, sollte in weiteren Untersuchungen geklärt werden. Auch bleibt unklar, warum die Aufgabe „Guppy“ zu mehr fachlich orientierten Vorstellungen führt als die Aufgabe „Paradiesvögel“. In Aufgabenset B zeigt erstaunlicherweise die Aufgabe „Mauereidechse“ die signifikant höchsten Werte im Evolutionsscore. In diesem Aufgabenset wurde der Anfangszustand einer evolutionären Änderung weggelassen. Für diesen Sachverhalt lassen sich in dieser Studie keine Vermutungen äußern.

10.2.6.2 Auffälligkeiten bei Betrachtung des Scores der Gezielten Gegenstandsanpassung

Auch bezüglich des Scores der *Gezielten Gegenstandsanpassung* lassen sich bisher nicht erklärbare Unterschiede finden. In allen Aufgabensets erreicht die Aufgabe „Gepard“ den signifikant höchsten Mittelwert in diesem Score (vgl. Kapitel 9.1.3.). Sehr häufig wird in dieser Aufgabe mit einem Training argumentiert, das zu einer Geschwindigkeitszunahme der Geparden führt. Diese Aufgabe scheint daher besonders gut eine bestimmte lebensweltliche Vorstellung anzusprechen. Im ICM *Gezielte Gegenstandsanpassung* kann sie als Sonderform des Mechanismus verstanden werden und wurde in

10.2 Einfluss verschiedener Kontextfaktoren auf Schülervorstellungen zu Anpassung und Auslese

dieser Arbeit entsprechend kodiert. Die Aufgabe „Hausmaus“ erreicht in allen Aufgabensets signifikant geringere Werte im Score der *Gezielten Gegenstandsanpassung* als die anderen Aufgaben des jeweiligen Aufgabensets (vgl. Kapitel 9.1.3.). Diese Beobachtung gilt auch für die Aufgabe „Bakterien“, die inhaltlich der Aufgabe „Hausmaus“ entspricht und sich nur im gewählten Taxon unterscheidet (Aufgabenset D).² In dieser Aufgabe argumentieren die Schüler häufig mit einer Art von Gewöhnung. Wenn die Maus beziehungsweise die Bakterien lange genug dem Gift beziehungsweise dem Antibiotika ausgesetzt sind, kann es ihnen nicht mehr schaden. Dabei vergleichen sie die Gewöhnung mit eigenen Erfahrungen, wie beispielsweise eine Gewöhnung von niedrigen oder hohen Temperaturen nach Umzug oder im Urlaub. Hier könnte entweder, ähnlich wie beim Training, eine Sonderform der *Gezielten Gegenstandsanpassung* angenommen werden oder auch eine andere Form der zeitweiligen Gewöhnung, die bisher mit den ICMs nicht erfasst wurde. Mit dem vorliegenden Datenmaterial kann dazu aber weitere Vermutung formuliert werden.

10.2.6.3 Auffälligkeiten bei der Kategorie Änderung durch Gebrauch

Die Kategorie *Änderung durch Gebrauch respektive Nichtgebrauch* kann hoch signifikant häufiger bei der Aufgabe „Mauereidechse“ beobachtet werden. Dies betrifft alle Aufgabensets mit Ausnahme des Sets B. Auch die Aufgabe „Säulenkaktus“, die inhaltlich der Aufgabe „Mauereidechse“ entspricht, zeigt das signifikant höchste Auftreten dieser Kategorie in ihrem Aufgabenset (D). Das Datenmaterial lässt jedoch keine weiteren Vermutungen zu, die diesen Unterschied erklären könnten.

10.2.6.4 Auffälligkeiten bei der Kategorie Externer Faktor

Auch bei der Kategorie *Externer Faktor: Änderungen temporär* existieren Unterschiede zwischen den Aufgaben eines Aufgabensets. In Aufgabenset A (Vergleichsgruppe) tritt diese Kategorie am signifikant häufigsten bei der Aufgabe „Eule“ auf. Auch bei Aufgabenset B und C erhält die Aufgabe „Eule“ die meisten Erklärungen, die dieser Kategorie zugeordnet werden können. In Aufgabenset D kann dies bei der Aufgabe „Libelle“ beobachtet werden, die inhaltlich der Aufgabe „Eule“ entspricht und sich

²Aufgabenset E (Wegfall des Selektionsdrucks) ist davon nicht betroffen. Da es nicht möglich war diese Aufgabe ohne Selektionsdruck zu formulieren, wurde sie in diesem Set durch eine andere Aufgabe ersetzt.

nur im gewählten Taxon unterscheidet. Bei Aufgabenset E zeigt sich ein anderes Bild. Hier erhält die Aufgabe „Guppys“ bezüglich dieser Kategorie signifikant die häufigsten Zuordnungen. In diesen Aufgaben wird der Selektionsdruck durch einen Räuber dargestellt, der beispielsweise die Maus immer am Schwanz fängt. Dadurch verliert die Maus den Schwanz. Es existieren dort also viele Mäuse mit kurzen Schwänzen, weil schon viele den Schwanz durch einen Räuber verloren haben. Die Vermutung ist also, dass dieser Kontext ultimate Erklärungen eher behindern kann.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass noch weitere, bisher nicht erklärbare oder kontrollierte Aufgabenkontexte eine Rolle zu spielen scheinen. Diese sollten in folgenden Studien isoliert und gezielt getestet werden.

10.3 Einfluss von Wissenschaftsverständnis, Religiosität und Lesekompetenz auf das Antwortverhalten

10.3.1 Einflussfaktor Wissenschaftsverständnis

Das Wissenschaftsverständnis der Schüler unterscheidet sich hinsichtlich der Jahrgangsstufe und der Schulart. Schüler der 9.Jahrgangsstufen weisen ein signifikant höheres Wissenschaftsverständnis auf als die Schüler der 8.Jahrgangsstufen. Dieser Unterschied ist jedoch nur sehr gering (MD 8.Jahrgangsstufe=55,4, MD 9.Jahrgangsstufe=57,2). Die Unterschiede zwischen den Schularten fallen wie erwartet deutlicher aus. Den höchsten Wert erreichen die Gymnasiasten (MD=58,8), darauf folgen die Realschüler (MD=54,2), abschließend die Werkrealschüler (MD=47,7). Diese Unterschiede sind hochsignifikant und zeigen große Effekte in der Teststärke nach Cohen. Insgesamt zeigen die meisten untersuchten Schüler ein mittleres Wissenschaftsverständnis. Das Wissenschaftsverständnis und der Evolutionsscore korrelieren signifikant positiv miteinander. Wer also ein höheres Wissenschaftsverständnis aufweist, erreicht auch einen höheren Wert im Evolutionsscore. Damit lassen sich ähnliche Ergebnisse finden wie bei Kim und Nehm (2011), die herausfanden, dass das Wissenschaftsverständnis und das Evolutionsverständnis einen signifikanten Zusammenhang aufweisen (vgl. Kapitel 5.2.). Gleichgerichtete Ergebnisse finden sich bei Lombrozo et al. (2008), die in positives Verhältnis von Wissenschaftsverständnis und Akzeptanz der Evolution beschreiben.

10.3 Einfluss von Wissenschaftsverständnis, Religiosität und Lesekompetenz auf das Antwortverhalten

Wenn nur die Schüler der Werkrealschule in die Betrachtung einbezogen werden, zeigt sich keine Korrelation zwischen dem Evolutionsscore und dem Wissenschaftsverständnis mehr. Diese Schüler erreichen jedoch in beiden Scores im Schnitt nur sehr niedrige Werte. Demnach haben diese Schüler nicht nur, wie bei Lammert (2012) beschrieben, eine niedrige Akzeptanz der Wissenschaft, sondern auch ein niedriges Wissenschaftsverständnis.

10.3.2 Religiosität

Insgesamt können in der Stichprobe 26% der Probanden als *nicht religiös* eingestuft werden, 72% als *religiös* und nur 2% als *hoch religiös*. Von den 72% der *religiösen* Schüler befinden sich die meisten (68%) im Wertebereich zwei bis drei für diese Kategorie (untere Schwelle der Kategorie). Dies ist aufgrund der in Kapitel sechs aufgezeigten Situation in Deutschland eine zu erwartende Sachlage (vgl. Kapitel 6.2). Demnach glauben 47% der Menschen in Deutschland an einen Gott, 25% an eine anderweitige spirituelle Kraft und 25% lehnen einen Gott oder eine spirituelle Kraft ab, können also als nicht religiös eingeschätzt werden. 48% der Deutschen geben an, dass ihnen Religion wichtig ist, nur 5% ist Religion persönlich am wichtigsten. Angehörige bestimmter Konfessionen weisen jedoch insgesamt eine höhere Religiosität auf, beispielsweise Muslime. Bei diesen gehören der Kategorie *hoch religiös* 11% der Probanden an. Dies entspricht jedoch gerade einmal neun Schülern und kann daher für die Interpretation der Ergebnisse vernachlässigt werden. Ähnlich ist die Situation bei den Anhängern der Freikirchen. In dieser Gruppe sind mehr Probanden *hoch religiös* als bei der Gesamtgruppe der Christen. Da aber auch hier die Fallzahlen zu gering sind, erfolgt bei der Analyse keine weitere Differenzierung.

10.3.2.1 Religiosität und Wissenschaftsverständnis

Religiosität und Wissenschaftsverständnis korrelieren hoch signifikant negativ miteinander. Umso höher das Wissenschaftsverständnis, desto weniger religiös sind die Probanden. Für die Akzeptanz der Wissenschaft konnte der Zusammenhang schon in anderen Studien (u.a. Lammert 2012) gezeigt werden. Religiöse Schüler weisen demnach eine niedrigere Akzeptanz der Wissenschaft auf. Diese Studie zeigt, dass dieser Sachverhalt auch für das Wissenschaftsverständnis gilt.

10.3.2.2 Religiosität und Evolutionsverständnis

Auch zwischen dem Evolutionsverständnis gemessen über den Evolutionsscore und der Religiosität zeigt sich eine signifikante negative Korrelation. Zwischen der Kategorie³ *Gott als Schöpfer* und der Religiosität kann eine signifikante Korrelation gefunden werden. Dies deutet darauf hin, dass stärker religiöse Probanden, wahrscheinlicher diese Kategorie zur Erklärung von evolutionärem Wandel verwendet haben. Dabei muss jedoch berücksichtigt werden, dass, wie zu Beginn des Kapitels beschrieben, nur sehr wenige Probanden hoch religiös oder religiös im oberen Wertebereich (vier) sind. Da *Intelligent Design* und *Kreationismus* in Deutschland nur eine untergeordnete Rolle spielen (vgl. Kapitel 6.2. und 6.3.), wurde darauf verzichtet, Zustimmungen dazu zu erfassen. Dennoch wäre es möglich, dass ein Teil der als *hoch religiös* einzuschätzenden Schüler diesen Weltanschauungen zugeneigt ist. Bei diesen wäre zu erwarten, dass sie einer wissenschaftlichen Erklärung ablehnend gegenüberstehen. Da dies, wenn überhaupt, nur auf maximal 2% der Stichprobe zutreffen würde, ist die Vorgehensweise für diese Studie angemessen und es zeigt sich auch im Rückblick keine Notwendigkeit der Erfassung. Bezogen auf die Konfessionen zeigen nur Muslime einen signifikanten Unterschied im Evolutionsverständnis gegenüber Schülern ohne Religionszugehörigkeit.

Ein Vergleich mit der ebenfalls deutschsprachigen Studie von Lammert (2012) zeigt Unterschiede, aber auch Gemeinsamkeiten auf. Bei Lammert (2012) konnten mit dem verwendeten Erhebungsinstrument mehr Schüler als stark gläubig (ungefähr 15%) eingeschätzt werden (Lammert, 2012, 63), als bei der vorliegenden Studie (2%). Der Gläubigkeitsscore umfasst bei Lammert (2012) Werte von vier bis 20 (vier = nicht gläubig, 20 = stark gläubig). Der Mittelwert in dieser Studie liegt bei 11,74 (n= 3881, SD= 4,73). Ähnlich wie bei der vorliegenden Studie, befinden sich jedoch die meisten Probanden im mittleren Bereich in Bezug auf die Gläubigkeit⁴. Lammert (2012) fand einen negativen Zusammenhang zwischen der Gläubigkeit und dem Verständnis der Evolution. Dieser fällt ähnlich aus, als bei der vorliegenden Studie. Das höchste Verständnis von Evolution zeigten bei ihr konfessionslose Schüler, das geringste muslimische Schüler. Auch diese Ergebnisse sind daher vergleichbar. Jedoch muss berücksichtigt werden, dass die Stichprobe vom Lammert (2012) insgesamt mehr hoch religiöse Probanden aufweist. Die verwendeten Erhebungsinstrumente

³Diese Kategorie wurde kodiert, wenn die Probanden bei der Bearbeitung des Evolutionsfragebogens einen Schöpfergott beschrieben haben. Dies ist im Kodierleitfaden (siehe Anhang) beschrieben.

⁴Lammert (2012) verwendet für den gleichen Sachverhalt den Terminus Gläubigkeit. In dieser Studie wurde dafür der Terminus Religiosität gewählt.

10.3 Einfluss von Wissenschaftsverständnis, Religiosität und Lesekompetenz auf das Antwortverhalten

weisen jedoch Unterschiede auf, die an dieser Stelle kurz angesprochen werden sollen. Für diese Arbeit wurde mithilfe des Religionsmonitors versucht, die Gläubigkeit der Probanden bezogen auf alle Lebensbereiche zu ermitteln, um eine Aussage dazu tätigen zu können, wie zentral die individuelle religiöse Einstellung für das alltägliche Leben und damit auch für den Unterricht sein könnte (vgl. Kapitel 6.1.). Bei Lammert (2012) wurde jedoch versucht, mit (1) deutlich weniger Fragen und einer Fokussierung auf die Schöpfung (2) eine Aussage über die Religiosität zu treffen. Aussagen wie *„Tiere und Pflanzen wurden zum Nutzen des Menschen erschaffen“*, zeigen nicht auf, welchen Einfluss diese religiös motivierte Einschätzung auf den alltäglichen Umgang mit Religion haben kann und welche Stellung diese tatsächlich beim jeweiligen Probanden inne hat. Wer bei Lammert (2012) einen hohen Wert in der Religiosität aufweist, hat allein durch diese Items (die sich abgesehen von der Religionszugehörigkeit primär auf die Schöpfung beziehen) schon eine Ablehnung gegenüber der Evolution ausgedrückt. Damit unterscheiden sich die Ansätze, die hinter den verwendeten Erhebungsinstrumenten liegen, deutlich, was möglicherweise kausal für die unterschiedlichen Ergebnisse ist.

10.3.3 Lesekompetenz

Die Ergebnisse der Lesekompetenz unterscheiden sich hinsichtlich der Jahrgang- und Schulstufe. Die Schüler der 9. Jahrgangsstufen erreichen einen signifikant höheren Wert im Leseverständnis und bei der Lesegeschwindigkeit als die Schüler der 8. Jahrgangsstufen. Bezogen auf die Schularten erreichen die Gymnasiasten den höchsten Wert, gefolgt von den Realschülern und den Schülern der Werkrealschule. Diese Unterschiede sind hochsignifikant (vgl. Kapitel 7). Dabei zeigt sich, dass Werkrealschüler im Schnitt eine unterdurchschnittliche Leistung beim Leseverständnis erreichen. Die Werte der Realschüler entsprechen einer durchschnittlichen Leistung. Die Schüler des Gymnasiums erzielen im Schnitt ebenfalls eine durchschnittliche Leistung für diese Altersgruppe. Daher ist zu erwarten, dass die Gruppe der Schüler, die aufgrund einer geringen Lesekompetenz Schwierigkeiten beim Bearbeiten von Textaufgaben haben könnten, unter den Werkrealschülern am größten ausfällt. Dies entspricht auch den Ergebnissen der PISA-Studie 2012, in der sich 43,8% der Werkrealschüler nur auf Kompetenzstufe I oder darunter befanden und dementsprechend durch die geringere Lesekompetenz beim Erfassen von Informationen aus Texten beeinträchtigt sein müssten. Hartmann (2013) weist darauf hin, dass kombinierte Text-Bild-Aufgaben für solche Probanden leichter zu bearbeiten sind als reine Textaufgaben. In dieser Studie

wurde entgegen der vorigen explorativen Studie (Betzitza 2013) jedoch bewusst auf solche Text-Bild-Kombinationen verzichtet, um eine weitere Einflussvariable (Repräsentationen) grundsätzlich auszuschließen.

Zwischen dem Leseverständnis und dem erreichten Evolutionsscore kann eine hoch signifikante Korrelation gefunden werden. Auch zwischen der Lesegeschwindigkeit und dem Evolutionsscore findet sich eine signifikante Korrelation. Je höher also das Leseverständnis beziehungsweise die Lesegeschwindigkeit sind, desto höher ist der Evolutionsscore. Dieses Ergebnis tritt unabhängig von den zu bearbeitenden Aufgabensets auf. Es kann daraus also vorsichtig geschlossen werden, dass lesekompetentere Schüler mit größerer Wahrscheinlichkeit Hinweise aus dem Aufgabenkontext aufnehmen und für ihre Erklärungen nutzen können. Auch zwischen Leseverständnis und Wissenschaftsverständnis besteht eine hoch signifikante Korrelation. Wer also ein höheres Leseverständnis aufweist, erreicht wahrscheinlich auch einen höheren Wert im Wissenschaftsverständnis.

10.3.4 Jahrgangsstufe und Schultart

10.3.4.1 Vergleich der Jahrgangsstufen

Die Schüler der 9.Jahrgangsstufen erreichen bei allen Testverfahren höhere Werte als die Schüler der 8.Jahrgangsstufen. Diese Unterschiede fallen jedoch sehr gering aus, was zeigt, dass die Schüler zwischen diesen beiden Jahrgangsstufen nur einen geringen Lernzuwachs in diesen Bereichen aufweisen. In dieser Studie wurde das Alter der Schüler nicht erhoben, damit kann also auch nicht geklärt werden, ob die Beobachtung anders ausfallen würde, wenn man nach Altersgruppen statt nach Jahrgangsstufen differenzieren würde. Es lässt sich also auch nicht abschließend klären, ob der geringe Zuwachs unterrichtsbasiert ist. Zu erwarten wäre dies in den Bereichen Wissenschaftsverständnis und Leseverständnis. Für den Bereich Evolution kann dies für diese Studie ausgeschlossen werden, da bei den Probanden dieser Studie kein Unterricht zu Evolution erfolgte.

10.3.4.2 Vergleich der Schularten

Beim Vergleich der Schularten fällt auf, dass die Werkrealschule in allen Testverfahren die mit Abstand geringsten Werte erreicht. Zum Teil sind diese Werte bezogen auf die Durchschnitte sogar als sehr gering einzustufen (vgl. Tabelle 10.1.).

Die Werte beim Leseverständnis und der Lesegeschwindigkeit weisen auf große

10.4 Chancen und Grenzen der gewählten Methodik

Tabelle 10.1: Unterschiede zwischen den Schularten bei verschiedenen Tests und Scores

Schulart	Werkrealschule	Realschule	Gymnasium
Evolutionsscore (Mittlerer Rang)	1848,60	1884,46	2070,38
Wissenschaftsverständnis (Mittelwert)	47,7	54,2	58,8
Lesegeschwindigkeit (Mittelwert)	605,3	632,7	741,3
Leseverständnis (Mittelwert)	4,4	10,3	13,4

Probleme im Bereich der Lesekompetenz hin. Es ist also fragwürdig, ob die textbasierten Erhebungsinstrumente für diese Schüler zur Erhebung ihrer Vorstellungen zu Evolution geeignet sind. Möglicherweise sind die niedrigen Werte im Evolutionsscore beziehungsweise dem Wissenschaftsverständnis zum Teil auch als Relikt der niedrigen Lesekompetenz anzusehen. Dies kann an dieser Stelle jedoch nicht geklärt werden, sollte aber in folgenden Studien Berücksichtigung finden.

Es finden sich in der Gruppe der Werkrealschüler mit Abstand die meisten Muslime. Diese Gruppe weist beispielsweise im Wissenschaftsverständnis oder dem Evolutionsscore deutliche niedrigere Werte auf, als Angehörige anderer Religionen. Diese Dimensionen könnten sich also gegenseitig beeinflussen. Hier zeigen sich mögliche Fehlerquellen bei der Betrachtung, die für ein umfassendes Bild detaillierter untersucht werden müssten.

10.4 Chancen und Grenzen der gewählten Methodik

Die gewählte Methodik beinhaltet sowohl Chancen als auch Grenzen, die folgend erläutert werden sollen.

Die Verwendung offener Aufgaben hat Vor- und Nachteile. Sie ermöglichen Einblicke in Denk- und Argumentationsweisen, die bei geschlossenen Antwortformaten so in der Regel nicht möglich sind (Hammann & Jördens, 2014). Die Verwendung offener Aufgaben wurde in dieser Studie durch die Forschungsfragen notwendig. Die Analyse zielt auf die differenzierte Erfassung von Vorstellungen über schriftliche Erklärungen ab. Dafür ist es notwendig, argumentative Zusammenhänge in den Aussagen der Schüler zu identifizieren, um die Semantik der Propositionen zu erfassen. Das ist nicht möglich in Single oder Multiple Choice Aufgaben, weil die Semantik in ihrer Vielfältigkeit nicht vollständig bekannt und daher auch nicht adäquat abbildbar wäre. Auch besteht bei offenen Aufgaben weniger die Gefahr, dass die Probanden bei der Beantwortung beeinflusst werden, wie dies beispielsweise bei Multiple Choice

10 Diskussion

Aufgaben der Fall sein kann. Allerdings erschwert sich durch diese Offenheit auch die Kodierung (Hammann & Jördens, 2014). Durch die Auswertung mithilfe eines Kodierleitfadens entstehen nicht-parametrische Daten, die das Spektrum an möglichen Testverfahren und die Aussagekraft der Ergebnisse einschränken.

Eine weitere Problematik zeigt sich bei der Bildung des Evolutionsscores. Dieser ist so angelegt, dass er eine wissenschaftlich angemessene Vorstellung erfassen kann, die in der Regel erst nach ausreichender Beschäftigung mit dem Thema vorhanden ist. Daher könnte der Score auch bei Probanden Verwendung finden, die bereits Unterricht im Themengebiet Evolution erhalten haben. Dies führt jedoch dazu, dass Testpersonen ohne formalisierte Bildung zu Evolution keine hohen Werte im Score erreichen können. Eine Differenzierung zwischen den Probanden der Stichprobe ist daher bei diesem Ansatz nur bedingt möglich. Zwei Probanden können den gleichen Scorewert erreichen, aber inhaltlich sehr unterschiedliche Vorstellungen haben. An einem Beispiel soll dies erläutert werden: Wenn zwei Schüler beispielsweise nur einen Punkt im Score erhalten, dann ist dies derselbe niedrige Wert. Der eine Schüler könnte jedoch den Punkt erhalten haben, weil er Vorstellungen einer phänotypischen Variation beschrieben hat und der andere Schüler, weil er über eine Vorstellung der Gradualität verfügt (vgl. Tabelle 8.4., 105). Sie haben die gleiche Punktzahl, aber inhaltlich unterschiedliche Vorstellungen. Diese Differenzierung ist für eine detaillierte Analyse jedoch äußerst interessant. Um Tendenzen bei der Beantwortung aufzuzeigen, war die gewählte Vorgehensweise über die Scores jedoch ausreichend. Durch die Betrachtung einzelner Kategorien können die Vorstellungen dennoch differenzierter im Bezug zur Forschungsfrage analysiert werden.

10.5 Fazit

Verschiedene Studien erheben seit mehreren Jahrzehnten Vorstellungen zu Evolution. Die in den Studien beschriebenen Vorstellungen sind sich sehr ähnlich und neue Vorstellungen konnten auch in dieser Studie nicht mehr gefunden werden (vgl. Kapitel 4.2.2. und Kapitel 9.1.1.). Offen blieb bisher einerseits noch die klare Systematisierung dieser Vorstellungen (a) und andererseits wurde die Frage des Einflusses der Aufgabenkontexte (b) noch nicht ausreichend geklärt (Nehm & Ha, 2011).

Zur Systematisierung (a) der Vorstellungen konnten in dieser Arbeit mit den ICMs zu *Auslese* und *Gezielter Gegenstands Anpassung* theoretisch begründete Modelle ver-

wendet werden. Die Ergebnisse zeigen, dass die ICMs dabei helfen, Vorstellungen zu kategorisieren und differenziert zu beschreiben. Die in Kapitel 4.2.1. vorgestellten Kategorien von Schülervorstellungen konnten in die Modelle integriert und zusammengefasst werden (vgl. Kapitel 10.2.1.). Damit eignen sich die ICMs auch dazu, die Vorstellungen einfacher und übersichtlicher zu kategorisieren, als das bisher der Fall war.

Über die ICMs war es möglich, Variablen und damit Aufgabenkontexte (b) zu identifizieren, die für eine gezielte Variation und Überprüfung verwendet werden konnten (vgl. Kapitel 8.1.1. und Kapitel 8.3.1.). Die Ergebnisse dieser Studie leisten einen Beitrag dazu, den Einfluss von Aufgabenkontexten besser zu kennen und zu verstehen. Dadurch können Testinstrumente effektiver gestaltet werden. Aufgaben, die zur Erhebung von Vorstellungen zu Anpassung und Auslese verwendet werden, sollten weitgehend unabhängig von der Zusammensetzung der Stichprobe dazu in der Lage sein, auf der Grundlage eines geeigneten Aufgabenkontextes die Probanden dazu herauszufordern, Erklärungen zum evolutiven Wandel von Lebewesen zu geben. Wenn sich dann dennoch Häufungen zugunsten einzelner Vorstellungen ergeben (beispielsweise Vorstellungen einer lebensweltlichen Auslese), dann kann davon ausgegangen werden, dass diese Häufung in der Stichprobe nicht nur ein Relikt des Erhebungsinstrumentes darstellt, sondern charakteristisch für die jeweilige Stichprobe ist.

Aufgrund der Ergebnisse dieser Studie können Empfehlungen für die Aufgabenauswahl gegeben werden. Manche Aufgabenkontexte sind eher dazu in der Lage, ultimate Vorstellungen (a) bei den Schülern zu begünstigen. In Aufgabenset A (Vergleichsgruppe) und Aufgabenset C (Hinweis auf Variation in der Population) ist dies der Fall. In diesen Aufgabensets waren mehr Schüler dazu in der Lage, eine Antwort zu geben, die einen evolutionären Wandel beschreiben kann. Das umschließt jedoch sowohl fachlich orientierte, als auch stärker lebensweltliche Vorstellungen (wie beispielsweise im ICM *Gezielte Gegenstandsanzuspassung* beschrieben). Proximate Vorstellungen treten in diesen Sets beispielsweise seltener auf. Die Bandbreite (b) an Vorstellungen, die über die Erklärungen geäußert werden, sind in manchen Aufgaben höher als in anderen. Dies ist über die Aufgabensets hinweg bei der Aufgabe „Maus und Eule“ der Fall. Ein effektives Testinstrument zur Erhebung von evolutionären Vorstellungen sollte beide Punkte berücksichtigen, also sowohl ultimate Vorstellungen (a), wie auch eine möglichst breite Bandbreite (b) an Vorstellungen ermöglichen. Wie bereits von Brennecke (2014) gefordert, ist es daher zu empfehlen unterschiedliche Aufgaben einzusetzen, um eine möglichst qualifizierte Aussage über die Vorstellung-

gen eines Probanden zu treffen.

Manche Aufgaben und Aufgabenkontexte eignen sich sehr gut, um die Schüler wahrscheinlicher bestimmte Vorstellungen für ihre Erklärungen auswählen zu lassen (vgl. Kapitel 9.1.2. und 9.1.3.). Diese sollten daher auch entsprechend dieser Intention gezielt eingesetzt werden. Die Aufgaben, die die sexuelle Selektion als Selektionsdruck beinhalten („Guppys“ und „Paradiesvögel“), führen beispielsweise häufiger zu einer größeren Nennung von Vorstellungen, die sich einer Variation und Auslese bedienen. Bei der Aufgabe „Gepard“ werden vermehrt Vorstellungen aus dem ICM *Gezielte Gegenstandsanpassung* und besonders die Kategorie *Training* abgerufen. Die Aufgabe „Mauereidechse“ (beziehungsweise in Aufgabenset D die Aufgabe „Säulenkaktus“) erzeugt häufiger die Vorstellung einer *Änderung durch Gebrauch respektive Nichtgebrauch*. Vorstellungen, dass ein *Externer Faktor* für eine temporäre Anpassung ursächlich ist, finden sich vermehrt bei der Aufgabe „Maus und Eule“. Ausschlaggebend ist also die bewusste Auswahl der Aufgaben gemäß der Intention des Einsatzes.

Sollen einerseits möglichst vielfältige Vorstellungen abgedeckt, andererseits jedoch eindeutig evolutionäre Vorstellungen angesprochen werden, dann können dafür drei Empfehlungen ausgesprochen werden:

1. Die Aufgaben sollten das Erkennen des evolutionären Kontextes ermöglichen. Dies geschieht beispielsweise bei Aufgaben, die einen Anfangs- und Endzustand beschreiben. Wird nur der Endzustand beschrieben (wie in Set B), dann neigen Schüler dazu, den evolutionären Kontext nicht zu erfassen und geben häufiger proximate Erklärungen. Dies ist in der Regel nicht wünschenswert, wenn Vorstellungen zu Evolution erhoben oder diagnostiziert werden sollen.
2. Bei Weglassen eines Selektionsdrucks wird häufiger kein Mechanismus einer evolutionären Änderung von den Schülern geäußert. Soll also die Beschreibung eines Mechanismus begünstigt werden, dann sollten die Aufgabenkontexte Hinweise auf einen Selektionsdruck enthalten.
3. Die gewählten Aufgaben sollten die Nennung von Vorstellungen einer Variation und Selektion, sofern sie bei den Probanden verfügbar sind, ermöglichen oder begünstigen. Dies ist der Fall, wenn ein Hinweis auf die intraspezifische Variation in der Aufgabe (wie in Set C) gegeben ist.

Alle drei Forderungen sind beispielsweise bei der Aufgabe *Guppys* in Aufgabenset

C gegeben:

Guppys leben in den Uferbereichen der klaren Urwaldflüsse Südamerikas und der karibischen Inseln. Männliche Guppys sind häufig hell gefärbt mit schwarzen, roten, blauen und schillernden Flecken. Die weiblichen Guppys bevorzugen besonders auffällig gefärbte Männchen bei der Partnerwahl. Leben die Guppys in einem Fluss ohne Fressfeinde, dann ist ein Großteil der Männchen auffällig gefärbt. Wenn in diesen Fluss Fressfeinde hinzugefügt werden, dann ist nach wenigen Generationen der Anteil an unauffällig gefärbten Männchen deutlich angestiegen. Wie erklärst du dir die Abnahme der auffällig beziehungsweise die Zunahme der unauffällig gefärbten Männchen in Flüssen mit Fressfeinden?

Diese Aufgabe ist dazu geeignet, sowohl Vorstellungen anzusprechen, die dem ICM *Auslese* zugeordnet werden können, als auch solche, die dem ICM *Gezielte Gegenstandsanpassung* entsprechen. Es werden aber auch die Vorstellungen *Änderung durch Gebrauch respektive Nichtgebrauch* oder *Kreuzung* in dieser Aufgabe zur Erklärung genutzt. Damit lässt sich also eine große Bandbreite an möglichen Vorstellungen abdecken.

Es zeigt sich auch, dass Unterschiede im Wissenschaftsverständnis, der Religiosität und der Lesekompetenz dazu führen, dass von den jeweiligen Schülern manche Vorstellungen präferiert werden. Stichproben, die beispielsweise einen deutlich höheren Anteil hoch religiöser Schüler aufweisen, könnten im prozentualen Anteil andere Ergebnisse liefern, da sie wahrscheinlicher mit einem Schöpfergott argumentieren, als nicht religiöse Schüler (vgl. Kapitel 9.5.1.). Nicht-religiöse Schüler dagegen zeigen wahrscheinlicher ein fachlich angemesseneres Verständnis als hoch-religiöse Schüler (vgl. Kapitel 9.5.1.). *High-Performer* (hohes Wissenschaftsverständnis, hohe Lesekompetenz) erreichen insgesamt höhere Werte im Evolutionsscore (vgl. Kapitel 9.5.2. und 9.5.3.).

Bei den Schülern der Werkrealschule lassen sich im Mittel insgesamt die niedrigsten Werte in allen Erhebungsinstrumenten finden. Dies ist zwar grundsätzlich nicht unerwartet, zeigt aber, dass hier die größten Schwierigkeiten bei der Erhebung zu erwarten sind und möglicherweise sehr schnell Bodeneffekte auftreten können.

Der Anteil dieser Gruppen an der Gesamtstichprobe kann also durchaus das Gesamtergebnis beeinflussen. Solche Effekte müssen daher jederzeit bei der Interpretation und dem Vergleich der Ergebnisse berücksichtigt werden.

Abbildungsverzeichnis

4.1	Intentionale Vorstellungen: Varianten und Entstehung	37
4.2	Zusammenfassung der beschriebenen Kontextfacetten	50
4.3	Modell der gezielten Gegenstandsanpassung	53
4.4	Modell einer lebensweltlichen Auslese	56
8.1	Verortung der Teilfrage B im idealisierten kognitiven Modell der gezielten Gegenstandsanpassung	85
8.2	Verortung der Teilfrage C im Idealisierten kognitiven Modell der Auslese	87
8.3	Verortung der Teilfrage D im idealisierten kognitiven Modell der gezielten Gegenstandsanpassung	89
8.4	Verortung der Teilfrage E im idealisierten kognitiven Modell der gezielten Gegenstandsanpassung	91
8.5	Verteilung der unterschiedlichen Schularten in der Gesamtstichprobe .	95
8.6	Beispielhafter Ausschnitt aus dem Kodierleitfaden	100
8.7	ICM Auslese	106
8.8	ICM Gezielte Gegenstandsanpassung	108
9.1	Boxplot zur Verteilung des <i>Scores der Gezielten Gegenstandsanpassung</i> über die Schularten	132
9.2	Gegenüberstellung von Vergleichsgruppe und Versuchsgruppe Endzustand	134
9.3	Gegenüberstellung von Vergleichsgruppe und Versuchsgruppe Variation	136
9.4	Gegenüberstellung von Vergleichsgruppe und Versuchsgruppe Taxon	137
9.5	Gegenüberstellung Vergleichsgruppe und Versuchsgruppe Selektionsdruck	139
9.6	Boxplot über die Verteilung des Evolutionsscores auf die unterschiedlichen Aufgaben in Aufgabenset A (Vergleichsgruppe)	143
9.7	Boxplot über die Verteilung des Evolutionsscores auf die unterschiedlichen Aufgaben in Aufgabenset C	145

Abbildungsverzeichnis

9.8	Boxplot über die Verteilung des Scores der <i>Gezielte Gegenstandsangepas-</i> <i>sung</i> auf die unterschiedlichen Aufgaben in Aufgabenset A (Vergleichs-	147
9.9	Boxplot über die Verteilung des Scores <i>Gezielte Gegenstandsangepassung</i> auf die unterschiedlichen Aufgaben in Aufgabenset B (Versuchsgruppe)	148
9.10	Boxplot über die Verteilung des Scores <i>Gezielte Gegenstandsangepassung</i> auf die unterschiedlichen Aufgaben in Aufgabenset C (Versuchsgruppe)	148
9.11	Verteilung der Religionszugehörigkeit über die Stichprobe	156
9.12	Verteilung der Religionszugehörigkeit über die Stichprobe des Gym-	
	nasiums	157
9.13	Verteilung der Religionszugehörigkeit über die Stichprobe der Realschule	157
9.14	Verteilung der Religionszugehörigkeit über die Stichprobe der Werkre-	
	alschule	158
9.15	Histogramm des Zentralitätswertes mit Normalverteilungskurve (in	
	Klammern die absolute Häufigkeit der Nennung)	160
9.16	Histogramm mit Normalverteilungskurve Wissenschaftsverständnis .	163
9.17	Verteilung der unterschiedlichen Kategorien des Wissenschaftsverständ-	
	nisses (Prozente gerundet)	163
9.18	Zustimmung zu Item N22: Bewährte naturwissenschaftliche Theorien	
	dürfen nicht in Frage gestellt werden.	164
9.19	Zustimmung zu Item N25: Das Wissen in den Naturwissenschaften ist	
	für alle Zeit wahr.	165
9.20	Zustimmung zu Item N31 Naturwissenschaftliche Theorien werden	
	verändert oder ersetzt, wenn neue Beweise vorliegen	165
9.21	Zustimmung zu Item N38 Naturwissenschaftliche Theorien verändern	
	und entwickeln sich mit der Zeit	166
9.22	Histogramm mit Normalverteilungskurve Leseverständnis	168
9.23	Histogramm mit Normalverteilungskurve Lesegeschwindigkeit	170
9.24	Mittelwertdiagramm zum Verhältnis Wissenschaftsverständnis und Re-	
	ligiosität	176
9.25	Boxplot Zusammenhang zwischen Leseverständnis und Wissenschafts-	
	verständnis	177

Tabellenverzeichnis

6.1	Religionszugehörigkeit in Deutschland	67
6.2	Antwortmöglichkeiten fowid (2015)	71
6.3	Schulabschluss und Zustimmung zu Kreationismus, Intelligent Design und Evolution (fowid, 2005)	73
8.1	Verwendete Aufgaben und ihre Quellen	97
8.2	Beispiel für die gezielte Aufgabenvariation	98
8.3	Beispiel für die Kodierung	102
8.4	Ausschnitt aus dem Kodierleitfaden bezüglich der für den Evoluti- onsscore ausgewählten Kategorien	105
8.5	Ausschnitt aus dem Kodierleitfaden bezüglich der für den Score <i>Gezielte Gegenstandsanpassung</i> ausgewählten Kategorien	109
8.6	Die für diese Studie entnommenen Items aus Kremer (2010)	112
8.7	Einteilung des Scores Wissenschaftsverständnis in sieben Kategorien .	113
8.8	Reliabilität der Skalen	113
8.9	Kurzskalen & die dazugehörigen Items im Religionsmonitor nach Hu- ber (2006)	115
8.10	Indikatoren zur religiösen Pluralität nach Huber (2006)	117
8.11	Kurzskalen & die dazugehörigen Items aus dem Religionsmonitor nach Huber (2006)	118
8.12	Realität der Skalen	122
8.13	Interpretation der Prozentrangplätze nach Schneider (2007)	124
8.14	Einteilung der Probanden in drei Kategorien	124
9.1	Verteilung des <i>Evolutionsscores</i> über die Stichprobe	127
9.2	Verteilung des Scores der Gezielten Gegenstandsanpassung über die Stichprobe	129
9.3	Verteilung des <i>Evolutionsscores</i> über die Stichprobe in Abhängigkeit von der Schulart	131

Tabellenverzeichnis

9.4	Auftreten der Kategorie <i>Anpassungsnotwendigkeit</i> in Set A und Set E . . .	140
9.5	Auftreten der Kategorie <i>Adaptive körperliche Änderung</i> in Set A und Set E	140
9.6	Ergebnisse zu den Hypothesen H(B), H(C), H(D) und H(E).	141
9.7	Weitere Ergebnisse	150
9.8	Einteilung nach Religiosität	158
9.9	Zusammenhang Religiosität und Religionszugehörigkeit	159
9.10	Zusammenhang Religiosität und christliche Konfession. In Klammern die Häufigkeit der Nennung.	161
9.11	Gruppenvergleiche Zusammenhang Leseverständnis und Wissenschafts- verständnis	177
10.1	Unterschiede zwischen den Schularten bei verschiedenen Tests und Scores	197

Literatur

- Allport, G. W., & Ross, J. M. (1967). Personal religious orientation and prejudice. *Journal of Personality and Social Psychology* (5), 432–443.
- Baalmann, W., Frerichs, V., Weitzel, H., Gropengießer H. & Kattmann, U. (2004). Schülervorstellungen zu Prozessen der Anpassung. Ergebnisse einer Interviewstudie im Rahmen der Didaktischen Rekonstruktion. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 10, 7–28.
- Baisch, P. & Weitzel, H. (2012). *Biologie unterrichten: planen, durchführen, reflektieren* (1. Aufl. Aufl.). Berlin: Cornelsen.
- Bertschi-Kaufmann, A. (Hrsg.). (2015). *Lesekompetenz, Leseleistung, Leseförderung: Grundlagen, Modelle und Materialien* (5. Aufl. Aufl.). Klett und Balmer.
- Betzitza, U. (2013). *Untersuchung des Einflusses unterschiedlicher Aufgabenkontexte auf Schülervorstellungen zu Natürlicher Selektion* (Master Thesis). Pädagogische Hochschule, Weingarten.
- Betzitza, U. & Weitzel, H. (Hrsg.). (2014). *Student's Conceptions about Natural Selection - How Task Contexts Influence Evolution Assessment*.
- Bishop, B., Anderson, C.W. (1990). Students conceptions about Natural Selection and its role in evolution. *Journal of Research in Science Teaching*, 27 (5), 415–427.
- Bortz, J. & Döring, N. (2006). *Forschungsmethoden und Evaluation: Für Human- und Sozialwissenschaftler* (4., überarbeitete Auflage Aufl.). Berlin, Heidelberg: Springer Medizin Verlag Heidelberg.
- Brennecke, J. (2014). *Schülervorstellungen zur evolutionären Anpassung: – qualitative Studien als Grundlage für ein fachdidaktisches Entwicklungskonzept in einem botanischen Garten* (Dissertation). Justus-Liebig-Universität Gießen, Gießen.
- Brenner, C. (2011). *Bevölkerung nach Religionszugehörigkeit und kirchlichen Verhältnissen*. Stuttgart. Zugriff auf [\url{http://www.statistik.baden-wuerttemberg.de/BevoelkGebiet/Bevoelkerung/bev_religion.jsp}](http://www.statistik.baden-wuerttemberg.de/BevoelkGebiet/Bevoelkerung/bev_religion.jsp)
- Brumby, M. (1979). Problems in learning the concept of natural selection. *Journal of Biological Education*, 13 (2), 119–122.
- Brumby, M. (1984). Misconceptions about the concept of natural selection by medical biology students. *Science Education*, 68 (4), 493–503.
- C. Zwingmann & H. Moosbrugger (Hrsg.). (2004). *Religiosität: Messverfahren und Studien zu Gesundheit und Lebensbewältigung*. Neue Beiträge zur Religionspsychologie. Münster: Waxman.
- Campbell, N., Reece, J., Kratochwil, A. & Lazar, T. (Hrsg.). (2009). *Biologie* (8., ak-

Literatur

- tualisierte Aufl. der engl. Orig.-Ausg., 3. Aufl. der dt. Übers. Aufl.). München: Pearson Studium.
- Cohen, J. (2013). *Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences* (2nd ed. Aufl.). Hoboken: Taylor and Francis.
- Darwin, C. (1859). On the origin of species. In E. Mayr (Hrsg.), *On the origin of species: A facsimile of the first edition* (S. 1-490). Harvard University Press.
- Darwin, C. & Mayr, E. (1964). *On the origin of species: A facsimile of the first edition*. Harvard University Press.
- Darwin, C., Neumann, C. & Heberer, G. (1980, ©1963). *Die Entstehung der Arten durch natürliche Zuchtwahl* (Bd. 3071 (10)). Stuttgart: P. Raclam jun.
- Darwin Correspondence Project. (25.8.2016). Cambridge. Zugriff auf [\url{https://www.darwinproject.ac.uk/}](https://www.darwinproject.ac.uk/)
- Deadman, J. & Kelly, P. (1978). What do secondary school boys understand about evolution and heredity before they are taught the topics? *Journal of Biological Education*, 12 (1), 7-15.
- Downie, J. R., & Barron, N. J. (2000). Evolution and religion: Attitudes of Scottish first year biology and medical students to the teaching of evolutionary biology. *Journal of Biological Education*, 34 (3), 125-129.
- Drexler, D. (2014). *Qualität im Grundschulunterricht*. Berlin: Springer Spektrum.
- Duit, R. (1995). Zur Rolle der konstruktivistischen Sichtweise in der naturwissenschaftlichen Lehr- und Lernforschung. *Zeitschrift für Pädagogik*, 41 (6), 905-923.
- Duit, R. (1996). Lernen als Konzeptwechsel im naturwissenschaftlichen Unterricht. *Lernen in den Naturwissenschaften*, 145-162.
- Duit, R., Gropengiesser, H., Kattmann, U., Komorek, M. & Parchmann, I. (2012, 01). The model of educational reconstruction – a framework for improving teaching and learning science. In (S. 13-37).
- Engel Clough, E. & Wood-Robinson, C. (1985). How secondary students interpret instances of biological adaptation. *Journal of Biological Education*, 19 (2), 125-130.
- Eschenhagen, D., Kattmann, U., Rodi, D. & Etschenberg, K. (2001). *Fachdidaktik Biologie* (5. Aufl. / hrsg. von U. Kattmann. Bearb. von K. Etschenberg .. Aufl.). Köln: Aulis-Verl. Deubner.
- Europäische Kommission. (2005). *Special Eurobarometer: Social values, Science and Technology*. Zugriff am 26.8.2016 auf [\url{http://ec.europa.eu/public_opinion/archives/ebs/ebs_225_report_en.pdf}](http://ec.europa.eu/public_opinion/archives/ebs/ebs_225_report_en.pdf)
- Europäische Kommission. (2007). *Special Eurobarometer: European Social Report*. Zugriff am 26.8.2016 auf [\url{http://ec.europa.eu/public_opinion/}](http://ec.europa.eu/public_opinion/)

- archives/ebs/ebs_273_en.pdf}
- Europäische Kommission. (2008). *Eurobarometer 96: 1. Values of Europeans*. Zugriff am 26.8.2016 auf \url{http://ec.europa.eu/public_opinion/archives/eb/eb69/eb69_values_en.pdf}
- Evangelische Landeskirche Deutschland. (2011). *Statistik über die Äußerungen des kirchlichen Lebens in den Gliedkirchen der EKD im Jahr 2010*. Zugriff am 26.8.2016 auf \url{https://www.ekd.de/download/kirch_leben_2010.pdf}
- Fenner, A. (2013). *Schülervorstellungen zur Evolutionstheorie, Konzeption und Evaluation von Unterricht zur Anpassung von Selektion*. Gießen.
- Field, A. (2013). *Discovering statistics using IBM SPSS statistics: And sex and drugs and rock 'n' roll* (4th edition Aufl.). Los Angeles and London and New Delhi: Sage.
- Fischer, S. K. (2014). *Konstruktvalidierung von Diagnoseaufgaben zur Erfassung vorunterrichtlicher Schülervorstellungen zur evolutionären Anpassung und Vererbung* (Dissertation). Justus-Liebig Universität Gießen, Gießen.
- fowid. (2005). *Evolution/Kreationismus*. Zugriff am 15.9.2016 auf \url{http://fowid.de/fileadmin/datenarchiv/Evolution_Kreationismus_Deutschland_2005.pdf}
- Futuyma, D. (2007). *Evolution. das original mit Übersetzungshilfen*. München: Spektrum Akademischer Verlag.
- Graw, J. (2015). *Genetik* (6., überarbeitete und aktualisierte Auflage Aufl.). Berlin, Heidelberg: Springer.
- Gropengiesser, H. (2001). *Didaktische Rekonstruktion des Sehens: Wissenschaftliche Theorien und die Sicht der Schüler in der Perspektive der Vermittlung*. Oldenburg: Carl-von-Ossietzky-Univ, Didaktisches Zentrum.
- Gropengiesser, H. (2006). *Wie man Vorstellungen der Lerner verstehen kann: Lebenswelten, Denkwelten, Sprechwelten* (2., aktualisierte Aufl. Aufl., Bd. Bd. 4). Oldenburg: Didaktisches Zentrum, Carl-von-Ossietzky-Univ.
- Grygier, P. (2008). *Wissenschaftsverständnis von Grundschulern im Sachunterricht: Univ., Diss.–Würzburg, 2007* (1. Aufl. Aufl.). Bad Heilbrunn: Klinkhardt.
- Ha, M., Lee, J.K., & Cha, H.Y. (2006). A cross-sectional study of students' conceptions on evolution and characteristics of conception formation about it in terms of the subjects: Human, animals and plants. *Journal of Korean Association for Research in Science Education*, 26 (7), 813–825.
- Halldén, O. (1988). The evolution of the species: pupil perspectives and school perspectives. *International Journal of Science Education*, 10 (5), 541–552.
- Hammann, M. & Asshoff, R. (2015). *Schülervorstellungen im Biologieunterricht: Ursachen*

Literatur

- für Lernschwierigkeiten* (2. Auflage Aufl.). Seelze: Klett/Kallmeyer.
- Hammann, M. & Jördens, J. (2014). Offene Aufgaben codieren. In D. Krüger, I. Parchmann & H. Schecker (Hrsg.), *Methoden in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung* (S. 169–178). Berlin: Springer Spektrum.
- Hartmann, S. (2013). *Die Rolle von Leseverständnis und Lesegeschwindigkeit beim Zustandekommen der Leistungen in schriftlichen Tests zur Erfassung naturwissenschaftlicher Kompetenz* (Dissertation). Universität Duisburg-Essen, Duisburg-Essen.
- Hasselhorn, M., Marx, H. & Schneider, W. (2007). *Deutsche Schultests: LGVT 6-12: Lesegeschwindigkeits- und -verständnistest für die Klassen 6 - 12*. Göttingen: Hogrefe Verlag.
- Haug, S., Müssig, S., Sticks, A. (2009). *Muslimisches Leben in Deutschland: Forschungsbericht 6*.
- Huber, S. (2004). Zentralität und Inhalt. Eine Synthese der Messmodelle von Allport und Glock. *Religiosität: Messverfahren und Studien zu Gesundheit und Lebensbewältigung*, 79–105.
- Huber, S. (2006). *Gutachten zum geplanten RELIGIONSMONITOR der Bertelsmann-Stiftung*.
- Jahn, I. (Hrsg.). (2000). *Geschichte der Biologie: Theorien, Methoden, Institutionen, Kurzbiographie* (3. Aufl.). Spektrum Akademischer Verlag.
- Jakobs, M. (2002). Religion und Religiosität als diskursive Begriffe in der Religionspädagogik. *Theo-Web. Zeitschrift für Religionspädagogik* (1).
- Jiménez-aleixandre, M. (1992). Thinking about theories or thinking with theories? A classroom study with natural selection. *International Journal of Science Education*, 14 (1), 51–61.
- Jimenez-Aleixandre, M. P. & Fernandez Perez, J. (1987). Selection or adjustment? Explanations of university biology students for natural selection problems. In J. Novak (Hrsg.), *Proceedings of the 2.Int. Seminar Misconceptions and Educational Strategies in Science and Mathematics* (Bd. 2, S. 224–238). Ithaca: Cornell University.
- Jorde, D. & Dillon, J. (Hrsg.). (2012). *Science Education Research and Practice in Europe: Retrospective and Prospective* (Bd. 5). Rotterdam: SensePublishers.
- Junker, T., Hoßfeld, U. (2001). *Die Entdeckung der Evolution*. Darmstadt: Wissenschaftliche Buchgesellschaft.
- Kampourakis, K. & Zogza, V. (2008). Students' intuitive explanations of the cause of homologies and adaptations. *Science and Education*, 17, 27–47.
- Kampourakis, K. und Zogza, V. (2009). Preliminary Evolutionary Explanations: A Ba-

- sic Framework for Conceptual Change and Explanatory Coherence in Evolution. *Science & Education*, 18, 1313–1340.
- Kattmann, U. (1995). Konzeption eines naturwissenschaftlichen Unterrichts. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 1 (29-42).
- Kattmann, U. (2005). Lernen mit anthropomorphen Vorstellungen? Ergebnisse von Untersuchungen zur Didaktischen Rekonstruktion in der Biologie. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, Jahrgang 11, 165–174.
- Kattmann, U. (2007). Didaktische Rekonstruktion - eine praktische Theorie. In D. Krüger & H. Vogt (Hrsg.), *Theorien in der biologiedidaktischen Forschung* (S. 93-104). Berlin and New York: Springer.
- Killermann, W., Hiering, P. & Starosta, B. (2016). *Biologieunterricht heute: Eine moderne Fachdidaktik* (16. aktualisierte Auflage Aufl.). Donauwörth: Auer.
- Kim, S.Y. & Nehm, R.H. (2011). A Cross-Cultural Comparison of Korean and American Science Teachers' Views of Evolution and the Nature of Science. *International Journal of Science Education*, 30 (2), 197–227.
- Klinge, R. & Silbernagl, S. (Hrsg.). (2003). *Lehrbuch der Physiologie*. Stuttgart: Georg Thieme Verlag.
- Kremer, K. (2010). *Untersuchungen zur Struktur und Entwicklung von Kompetenzen in der Sekundarstufe I*. Kassel.
- Krüger, D. (2007). Die Conceptual Change-Theorie. In D. Krüger & H. Vogt (Hrsg.), *Theorien in der biologiedidaktischen Forschung* (S. 69–79). Berlin and New York: Springer.
- Krüger, D., Parchmann, I. & Schecker, H. (Hrsg.). (2014). *Methoden in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung*. Berlin: Springer Spektrum.
- Krüger, D. & Vogt, H. (Hrsg.). (2007). *Theorien in der biologiedidaktischen Forschung* (1st ed Aufl.). Berlin and New York: Springer.
- Kuhn, T. S. (1976). *Die Struktur wissenschaftlicher Revolution*. Frankfurt am Main: Suhrkamp.
- Kultusministerkonferenz. (2005). *Bildungsstandards im Fach Biologie für den Mittleren Schulabschluss*. München: Luchterhand.
- Kutschera, U. (2015). *Evolutionsbiologie* (3. Aufl. Aufl., Bde. 8318 : Biowissenschaften, Medizin, Psychologie, Theologie). Stuttgart and Stuttgart: UTB and Verlag Eugen Ulmer.
- Lakoff, G. (1987). *Women, fire and dangerous things. What categories reveal about the mind*. Chigago: The University of Chicago Press.
- Lakoff, G. (1992). The contemporary theory of metaphor. In A. Ortony (Hrsg.), *Metaphor*

Literatur

- and thought* (S. 202–251). Cambridge: Cambridge University Press.
- Lakoff, G. & Johnson, M. (2000). *Leben in Metaphern: Konstruktion und Gebrauch von Sprachbildern* (3. Aufl.). Heidelberg: Carl-Auer-Systeme Verl.
- Lakoff, G., Johnson, M. (1999). *Philopsopy in the flesh. The emobied mind and its challange to western thought*. New York: Basic Books.
- Lammert, N. (2012). *Akzeptanz, Vorstellungen und Wissen von Schülerinnen und Schülern der Sekundarstufe I zu Evolution und Wissenschaft*. Dortmund.
- Lenhard. (2013). *Leseverständnis und Lesekompetenz: Grundlagen - Diagnostik - Förderung*. Stuttgart: W. Kohlhammer.
- Lombrozo, T., Thanukos, A., & Weisberg, M. (2008). The importance of understanding the nature of science for accepting evolution. *Evolution Education and Outreach*, 1, 290–298.
- Lorenz, K. (1965). Phylogenetische anpassung und adaptive modifikation des verhaltens. In L. Konrad (Hrsg.), *Über tierisches und menschliches verhalten* (S. 301–358). München: Piper.
- Markl, J. & Sadava, D. (2011). *Purves Biologie* (9. Auflage Aufl.). Heidelberg: Spektrum der Wissenschaft.
- Maturana, H., Varela & F. (1984). *Der Baum der Erkenntnis: Die biologischen Wurzeln des menschlichen Erkennens* (12. Aufl., genehmigte Taschenbuchausg Aufl., Bd. 11460). München: Goldmann.
- Mayr, E. (1961). Cause and Effect in Biology. *Science*, 134 (3489), 1501–1506.
- Mayr, E. (2002). *Die Entwicklung der biologischen Gedankenwelt: Vielfalt, Evolution und Vererbung* (Nachdr. d. Ausg Aufl.). Berlin: Springer-Verlag.
- Mayr, E., Diamond, J. & Vogel, S. (2005). *Das ist Evolution* (Taschenbuchausg., 3. Aufl. Aufl., Bd. 15349). München: Goldmann.
- Mayr, E. & Markl, H. (1991). *Eine neue Philosophie der Biologie*. München: Piper.
- Miller, J.D., Scott, E.C., Okamoto, S. (2006). Science communication: Public acceptance of evolution. *Science*, 313, 767-766.
- Ministerium für Kultus, Jugend und Sport Baden-Württemberg. (2004). *Bildungsplan 2004-2015*. Stuttgart. Zugriff am 26.12.2018 auf <http://www.bildungsplaene-bw.de/>
- Ministerium für Kultus, Jugend und Sport Baden-Württemberg. (2016a). *Bildungsplan des Gymnasiums. Biologie*. Stuttgart. Zugriff am 27.1.2019 auf http://www.bildungsplaene-bw.de/site/bildungsplan/get/documents/1sbw/export-pdf/depot-pdf/ALLG/BP2016BW_ALLG_GYM_BIO.pdf
- Ministerium für Kultus, Jugend und Sport Baden-Württemberg. (2016b). *Gemeinsamer*

- Bildungsplan für die Sekundarstufe I*. Stuttgart. Zugriff am 27.7.2018 auf <http://www.bildungsplaene-bw.de/>
- Ministerium für Kultus, Jugend und Sport Baden-Württemberg. (2016c). *Gemeinsamer Bildungsplan für die Sekundarstufe I. Biologie*. Stuttgart. Zugriff am 27.1.2019 auf http://www.bildungsplaene-bw.de/site/bildungsplan/get/documents/lsbw/export-pdf/depot-pdf/ALLG/BP2016BW_ALLG_SEK1_BIO.pdf
- National Research Council. (2000). *Testing english-language learners in U.S. schools. Report and workshop summary*. Washington, D.C.: National Academy Press.
- Nationale Akademie der Wissenschaften Leopoldina. (2017). *Evolutionsbiologische Bildung in Schule und Universität*. Halle (Saale): Deutsche Akademie der Naturforscher Leopoldina e.V. Nationale Akademie der Wissenschaften.
- National Science Education Standards: Observe, interact, change, learn* (3. printing Aufl.). (1996). Washington, DC: National Academy Press.
- Nehm, R., Beggrow, E., Opfer, J. & Ha, M. (2012). Reasoning about Natural Selection: Diagnosing Contextual Competency Using the ACORNS Instrument. *The American Biology Teacher*, 74 (2), 92–98.
- Nehm, R. & Ha, M. (2011). Item feature effects in evolution assessment. *Journal of Research in Science Teaching*, 48 (3), 237–256.
- Nehm, R. & Schonfeld, I. (2010). The future of natural selection knowledge measurement: A reply to Anderson et al. (2009). *Journal of Research in Science Teaching*, n/a-n/a.
- Novak, J. (Hrsg.). (1987). *Proceedings of the 2.Int. Seminar Misconceptions and Educational Strategies in Science and Mathematics* (Bd. 2). Ithaca: Cornell University.
- OECD. (2007). *PISA 2006, science competencies for tomorrow's world* (Bd. v. 1). Paris: Autor.
- Ortony, A. (Hrsg.). (o.J.). *Metaphor and thought*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Palmer, D. (1996). Students' application of a biological concept: Factors affecting consistency. *Research in Science Education*, 26 (4), 409–419.
- Pollak, D., Müller, O. (2013). *Religionsmonitor: Verstehen was Deutschland verbindet*.
- Posner, G., Strike, K., Hewson, P. & Gertzog, W. (1982). Accommodation of a scientific conception: Toward a theory of conceptual change. *Science Education*, 66 (2), 211–227.
- Prenzel, M. (Hrsg.). (2013). *Pisa 2012: Fortschritte und Herausforderungen in Deutschland*. Münster: Waxmann.
- Rehfus, W. D. (2003). *Handwörterbuch Philosophie* (Bd. 8208). Göttingen and [Stuttgart]:

Literatur

- Vandenhoeck & Ruprecht and UTB.
- Reinfried, S., Mathis, C. & Kattmann, U. (2009). Das Modell der Didaktischen Rekonstruktion – eine innovative Methode zur fachdidaktischen Erforschung und Entwicklung von Unterricht. *Beiträge zur Lehrerbildung*, 27 (3), 404–414.
- Riemeier, T. (2007). Moderater Konstruktivismus. In D. Krüger & H. Vogt (Hrsg.), *Theorien in der biologiedidaktischen Forschung*. Berlin and New York: Springer.
- Roth, G. (2001). *Das Gehirn und seine Wirklichkeit: Kognitive Neurobiologie und ihre philosophischen Konsequenzen* ([Nachdr.] der 5., überarb. Aufl., Taschenbuchausg Aufl., Bd. 1275). Frankfurt am Main: Suhrkamp.
- Rutledge, M. L., & Warden, M. A. (2000). Science and high school biology teachers: Critical relationships. *The American Biology Teacher*, 62, 23–31.
- Samarapungavan, A. & Wiers, R. W. (1997). Children's Thoughts on the Origin of Species: A Study of Explanatory Coherence. *Cognitive Science*, 21 (2), 147–177.
- Singer, W. (2003). Hirnentwicklung - neuronale Plastizität - Lernen. In R. Klinge & S. Silbernagl (Hrsg.), *Lehrbuch der Physiologie* (S. 743–756). Stuttgart: Georg Thieme Verlag.
- Statistisches Landesamt Baden-Württemberg. (2016). *Allgemeinbildende Schulen nach Schularten*. Stuttgart. Zugriff am 1.3.2017 auf [\url{http://www.statistik.baden-wuerttemberg.de/BildungKultur/SchulenAllgem/abschulen.jsp}](http://www.statistik.baden-wuerttemberg.de/BildungKultur/SchulenAllgem/abschulen.jsp)
- Statistisches Landesamt Rheinland-Pfalz. (2014). *Zensus 2011*. Bad Erms.
- Streib, H. & Gennerich, C. (2011). *Jugend und Religion: Bestandsaufnahmen, Analysen und Fallstudien zur Religiosität Jugendlicher*. Weinheim: Juventa-Verl.
- Sutherland, W. J. & Endler, J. A. (1987). Natural Selection in the Wild. *The Journal of Ecology*, 75 (1), 279.
- Tomiuk, J. & Loeschcke, V. (2016). *Grundlagen der Evolutionsbiologie und Formalen Genetik* (1. Aufl. 2016 Aufl.). Berlin: Springer Berlin and Springer Spektrum.
- Vaas, R., Blume, M. (2009). *Gott, Gene und Gehirn. Warum Glaube nützt. Die Evolution der Religiosität*. Stuttgart: Hirzel Verlag.
- Vollmer, G. (1999). *Teleologie - Teleonomie*. Berlin. Zugriff am 15.12.2016 auf [\url{http://www.spektrum.de/lexikon/biologie/teleologie-teleonomie/65691}](http://www.spektrum.de/lexikon/biologie/teleologie-teleonomie/65691)
- Wallin, A. (Hrsg.). (2006). *One Year after Teaching – How Consistent are Students in Using the Scientific Theory of Biological Evolution by Natural Selection?* (Paper presented an the Conference of European Researchers in Didaktik of Bio-logy ERIDOB, London)
- Weinert, F. (Hrsg.). (2001). *Leistungsmessungen in Schulen* (2., unveränd. Aufl., Dr. nach

- Typoskript Aufl.). Weinheim: Beltz.
- Weitzel, H. (2006). *Biologie verstehen: Vorstellungen zu Anpassung* (1. Aufl Aufl., Bd. 15). Oldenburg: Didaktisches Zentrum, Univ.
- Weitzel, H. (2018). Variabilität und Anpasstheit. *Unterricht Biologie*, 42 (435), 2–11.
- Weitzel, H. & Gropengießer, H. (2009). Vorstellungsentwicklung zur stammesgeschichtlichen Anpassung: Wie man Lernhindernisse verstehen und förderliche Lernangebote machen kann. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 15, 287–305.
- Wieser, W. (1994). *Die Evolution der Evolutionstheorie: Von Darwin zur DNA*. Heidelberg: Spektrum.
- Zrzavý, J., Storch, D. & Mihulka, S. (2009). *Evolution: Ein Lese-Lehrbuch*. Heidelberg: Spektrum, Akad. Verl.

Anhang

- A. Fragebögen
- B. Leitfaden Kodierung
- C. Interrater-Reliabilität Evolutionsbogen
- D. Intrarater-Reliabilität Evolutionsbogen
- E. Elternbrief
- F. Aufgabenmatrix Evolutionsbogen
- G. SPSS-Dateien
- H. Ausdruck Internetdokumente

Alle aufgeführten Dokumente befinden sich auf dem der Arbeit beiliegenden digitalen Datenträger.

Eidesstattliche Versicherung

Belehrt, dass die Abgabe einer falschen Versicherung an Eides statt strafbar sein kann, erkläre ich hiermit an Eides Statt, dass ich die vorliegende Arbeit ohne unzulässige Hilfe Dritter und ohne Benutzung anderer als der angegebenen Hilfsmittel angefertigt habe. Die aus anderen Quellen direkt oder indirekt übernommenen Daten und Konzepte sind unter Angabe der Quelle gekennzeichnet.

Weitere Personen waren am Verfassen der vorliegenden Arbeit nicht beteiligt.

Die Arbeit wurde bisher weder im In- noch im Ausland in gleicher oder ähnlicher Form einer anderen Prüfungsbehörde vorgelegt.

Ort, Datum

Unterschrift

Ort, Datum und Unterschrift des die Versicherung an Eides Statt aufnehmenden Beamten